

# Luftkvalitet vintertid för frigående värphöns i stall utan tillsatsvärme

– Utvärdering av en föreslagen kontrollista

*Sofia Holmberg*



## **Luftkvalitet vintertid för frigående värphöns i stall utan tillsatsvärme**

-Utvärdering av en föreslagen kontrollista

## **Air quality during wintertime for laying hens in loose housed systems without heat supply**

- Evaluation of a suggested checklist

*Sofia Holmberg*

**Handledare:** Sven Nimmermark, SLU, Inst. för Biosystem och teknologi

**Examinator:** Knut-Håkan Jeppsson, SLU, Inst. För Biosystem och teknologi

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad, A2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i husdjursvetenskap- masterarbete

Kurskod: EX0742

**Program/utbildning:** Husdjursagronom- Husdjursvetenskap

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2013

**Omslagsbild:** Sofia Holmberg

**Serietitel: nr:** Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** värphöns, luftkvalitet, ammoniak, temperatur, ventilation, relativ luftfuktighet, ströbädd, torrsbstanshalt, produktion



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap**

Institutionen för biosystem och teknologi

## FÖRORD

Agronomprogrammet- husdjur med mastersinriktning är en 5 årig universitetsutbildning vilken omfattar 300 högskolepoäng (hp). En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 20 veckors heltidsstudier (30 hp).

Jag har själv varit intresserad av luftkvalité i värphönsstallar och fick möjligheten att genomföra studien på uppdrag av Svenska Ägg som en del av projektet Optimerad ventilation i fjäderfästallar.

Ett varmt tack riktas till SFS Svenska Ägg och Fjäderfäcentrum som gett mig möjligheten att genomföra arbetet samt bidragit med utrustning till provtagningarna, granskning av arbetet och goda råd under arbetets gång.

Ett särskilt varmt tack till Sivert Johansson, ventilationstekniker, för goda råd, uppmuntrande ord, intressanta diskussioner och för att du alltid med glatt humör ställt upp.

Tack till Claudia von Brömssen, lektor i statistik, för all hjälp med statistik bearbetningen och för ditt tålamod inför alla mina frågor.

Stort tack till stallpersonalen i besättningen för att ni lagt ner extra tid, ställt upp och gjort arbetet möjligt.

Tack till Sven Nimmermark, docent i teknologi, för handledning och hjälp med utformning av försöket.

Familj och vänner för att ni tror på mig och alltid finns där.

Agr Dr i Lantbrukets byggnadsteknik, Knut-Håkan Jeppsson har varit examinator

Alnarp (september 2013)

Sofia Holmberg

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	4
SUMMARY .....	5
INLEDNING .....	6
BAKGRUND .....	6
MÅL .....	7
SYFTE .....	7
AVGRÄNSNING .....	8
LITTERATURSTUDIE .....	9
DJURSKYDDSLAGSTIFTNINGEN OM STALLMILJÖN .....	9
BILDNING AV AMMONIAK .....	10
Jämvikter .....	10
STRÖBÄDDEN .....	11
Fodrets inverkan på gödselns sammansättning .....	11
Ströbäddens kvalitet .....	13
Ströbäddskvalitet och djurens ålder .....	14
Nedkyld ströbädd .....	14
TILLSATSVÄRME .....	16
VENTILATION .....	16
Klimatreglering, temperaturgivare och ventilationsflöde .....	17
Luftrörelser .....	17
PRODUKTION OCH STALLKLIMAT/LUFTKVALITET .....	18
Temperatur .....	18
Ammoniak .....	20
MATERIAL OCH METODER .....	23
STALLBESKRIVNINGAR .....	23
Stalltyp A - Stall A1 och A2 .....	23
Stalltyp B- Stall B1 och B2 .....	24
FÖRBEREDELSE .....	25
Genomförda omgångsrutiner .....	26
Ströbädd .....	26
PROVTAGNING OCH ANALYSER .....	26
Datainsamling .....	26
Analys av data .....	29
RESULTAT .....	31
JÄMFÖRELSE AV LUFTKVALITETSPARAMETRAR INOM STALLTYP A .....	32
Stalltemperatur .....	32
Koldioxid .....	33
Lufthastighet .....	34
Relativ luftfuktighet .....	35
Golvtemperatur .....	36
Ströbäddens torrsbstanshalt .....	37
Ammoniak i djurnivå .....	37
SAMBAND MELLAN LUFTKVALITETSPARAMETRAR I STALLTYP A .....	38
Ventilationsprocent .....	38
Stalltemperatur .....	38
Koldioxid .....	39
Relativ luftfuktighet i stall .....	39
Golvtemperatur .....	41
Ströbäddens torrsbstanshalt .....	41

<i>Ammoniak</i> .....	42
JÄMFÖRELSE AV LUFTKVALITETSPARAMETRAR INOM STALLTYP B.....	43
<i>Temperatur</i> .....	44
<i>Koldioxid</i> .....	45
<i>Lufthastighet</i> .....	47
<i>Relativ luftfuktighet</i> .....	47
<i>Golvtemperatur</i> .....	48
<i>Ströbäddens torrsubstanshalt</i> .....	49
<i>Ammoniak i djurnivå</i> .....	50
SAMBAND MELLAN LUFTKVALITETSPARAMETRAR I STALLTYP B.....	51
<i>Stalltemperatur</i> .....	51
<i>Relativ luftfuktighet i stall</i> .....	52
<i>Golvtemperatur</i> .....	52
<i>Ströbäddens torrsubstanshalt</i> .....	53
<i>Ammoniak</i> .....	54
OBSERVATIONER.....	56
DISKUSSION .....	60
<i>Temperatur</i> .....	60
<i>Koldioxid</i> .....	61
<i>Lufthastighet</i> .....	62
<i>Relativ luftfuktighet</i> .....	63
<i>Golvtemperatur och ströbäddstjocklek</i> .....	63
<i>Ströbäddens torrsubstanshalt</i> .....	64
<i>Ammoniak</i> .....	65
<i>Produktionsparametrar</i> .....	66
CHECKLISTAN .....	67
SLUTSATS .....	69
REFERENSER.....	71
INTERNETKÄLLOR: .....	76
MUNTliga KÄLLOR:.....	76
BILAGOR .....	77

## SAMMANFATTNING

Luftkvaliteten vintertid i stall för frigående värphöns är ett omdiskuterat ämne inom svensk äggnäring. Djurens välfärd är grunden till en effektiv produktion och ventilationen i stallarna har en stor inverkan på detta. I de flesta stall sänks ventilationsflödet under kallare perioder vintertid för att reducera värmeförlusterna vilket medför att luftutbytet i stallet blir lågt och koncentrationen av fukt, koldioxid och ammoniak ökar. Flertalet studier har visat att det är svårt att hålla nivåerna av ammoniak under gränsvärdet på 10 ppm i stall för frigående värphöns vintertid. Med anledning av vikten av en väl fungerande ventilationsanläggning har den ideella föreningen Fjäderfäcentrum i samråd med ventilationstekniker Sivert Johansson arbetat fram en checklista för optimerad ventilation i fjäderfästallar.

Examensarbetet syftade till att utvärdera om den utformade checklistan kan fungera som verktyg vid felsökning och optimering av ventilationsanläggningar i stall för frigående värphöns i flervåningssystem, utan tillsatsvärme. Målet var även att undersöka om produktionen påverkas under vintermånaderna samt huruvida detta kan kopplas till försämrad luftkvalitet. Ett vidare mål var att studera samband mellan olika förhållanden och klimatparametrar för att kunna identifiera sätt att förbättra miljön i stallarna. Den genomförda studien koncentrerades till en besättning bestående av två stalltyper, stalltyp A och B, med totalt fyra stallar. Ett stall av vardera typen var försöksstall och ett var kontrollstall. Samtliga stall saknade tillsatsvärme och ventilationsflödet reglerades utifrån stalltemperaturen. Stickprov av stalltemperatur, koldioxid, relativ luftfuktighet, ammoniak, golvtemperatur, ströbäddstjocklek och torrsbstanshalt insamlades vid totalt fyra tillfällen per stalltyp. Provtagningarna genomfördes under perioden januari till mars 2013 med en uppföljande provtagning i maj.

I båda stalltyperna noterades att när utomhustemperaturen sjönk under 0 °C reducerades stalltemperaturen, koldioxidnivåerna ökade liksom den relativa luftfuktigheten samt ammoniaknivåerna. Trots genomförda åtgärder och regelbunden justering av spjäll, undertryck och börvärde för temperatur i försöksstallen uppmättes nivåer av koldioxid, luftfuktighet och ammoniak över gränsvärdena när utomhustemperaturen sjönk under – 10 °C. Även djurens fördelning i stallet blev tydligt påverkad av låga utomhustemperaturer. Belägningsgraden i stallen noterades vara lägre längs yttervägg och längst ner i stallet vilket även var där de lägsta stall- och golvtemperaturerna uppmättes samt där kakig ströbädd observerades.

I stall med behov av tillsatsvärme ställs högre krav på att personalen kan hantera och justera ventilationen utifrån rådande stall och utomhusförhållanden. Checklistan är ett användbart verktyg och lämplig att använda vid förebyggande åtgärder för att undvika allvarliga luftkvalitetsproblem. Den ger även indikationer till var felsökning bör påbörjas när problem med luftkvaliteten uppstår. I stall med värmeunderskott och avsaknad av tillsatsvärme leder dock kalla utomhusförhållanden till att det uppstår svårigheter att bibehålla ett lämpligt ventilationsflöde i stallet och risken för försämrad luftkvalitet ökar. Luftkvaliteten i dessa typer av stall kan inte förväntas bli bra enbart genom att vidta de åtgärder som checklistan rekommenderar eftersom de inte kan tillgodose värmebehovet och erhålla kontrollerade luftrörelser.

## SUMMARY

The air quality in systems for loose housed laying hens during wintertime is a much debated topic in the Swedish egg producing industry. Animal welfare is the foundation for an efficient production and the ventilation of the barns have a large impact on this. In most barns the ventilation flow is reduced during colder periods in the winter to reduce heat loss. This leads to a lower exchange of air and the concentrations of moisture, carbon dioxide and ammonia increase. Several studies have shown that it is difficult to maintain the concentration levels of ammonia below the given limit of 10 ppm in loose housed systems with laying hens during winter. The non-profit association, Fjäderfäcentrum and the ventilation technician Sivert Johansson, has in view of the importance of a properly functioning ventilation system developed a checklist for optimizing the ventilation in poultry houses.

This report aimed to evaluate whether the designed checklist can serve as a tool for error diagnosis and optimization of ventilation in high density stocking, loose housed systems for laying hens, without supplemental heating. The aim was also to investigate if the production was negatively affected during the winter months, and whether such impact can be linked to reduced air quality. A further aim was to analyse correlations between different conditions and climate parameters inside the barn and to be able to identify ways to improve the barn environment. The completed study was concentrated to a herd consisting of two types of systems, system A and B, in total four barns. The barns had no additional heating and the ventilation flow was controlled by the house temperature. Samples of temperature, carbon dioxide, relative humidity, ammonia, floor temperature, litter thickness and dry matter content of the litter were collected at a total of four times per barn. Sampling was conducted during the period January to March 2013, with a follow-up sampling in May.

In both system A and B it was noted that when the outside temperature dropped below 0 °C the barn temperature was reduced and the carbon dioxide levels increased as well as the relative humidity and the ammonia levels. Despite the measures implemented related to regular adjustment of dampers, negative pressure and set point temperature, measured levels of carbon dioxide, humidity and ammonia in the experimental barns exceeded the stipulated limits when the outdoor temperature fell below -10 °C. The distribution of hens in the barn was clearly influenced by reduced outdoor temperatures. Stocking density was lower along the outer walls and in the rear part of the barn. These areas coincided with the lowest measured barn- and floor temperatures as well as areas where poor litter quality was noted.

Barns in need of supplemental heating demands more of the staff regarding ability to handle and adjust the ventilation based on current barn and outdoor conditions. The designed checklist is a useful tool and suitable for use in preventive measures to avoid serious air quality problems. It also gives indications to where error diagnosis should begin when problems of air quality arises. In barns with heat shortage and absence of supplemental heating cold outdoor conditions leads to difficulty in maintaining adequate air exchange and the risk of impaired air quality increases. The air quality in these types of barns can not be expected to be good simply by practicing the measures recommended by the checklist because they can not meet the heating requirements and obtain controlled air movements.

## INLEDNING

### Bakgrund

Luftkvaliteten vintertid i stall för frigående värphöns har under en längre tid diskuterats inom den svenska äggnäringen. Djurens välfärd är grunden till en effektiv produktion och ventilationen av stallarna har en stor inverkan på detta. I de flesta stall sänks ventilationsflödet under kallare perioder vintertid för att reducera värmeförlusterna (Nimmermark et al., 2009), bibehålla den för produktionen mest optimala temperaturen (Wathes et al., 1997) och samtidigt hålla foderförbrukningen nere (Payne, 1966). Detta medför att luftutbytet i stallet blir lågt vilket ger en ökad koncentration av fukt, koldioxid och ammoniak (Valentine, 1964; Zuidhof et al., 1993).

Studier har konstaterat att luftförorenande ämnen, som ammoniak, förekommer i högre nivåer i stall med frigående höns i envåningssystem och flervåningssystem jämfört med bursystem (Green et al., 2009; Nimmermark et al., 2009). I de frigående systemen, med möjlighet till daglig utgödsling, är ströbädden ofta den största ammoniakkällan (Groot Koerkamp et al., 1995; Gustafsson & von Wachenfelt, 2000).

Ammoniak är ett problem för både hönor och stallpersonal på grund av dess negativa inverkan på cilier och ytstrukturer hos slemhinnorna i luftvägarna (Oyetunde et al., 1978; Barnes et al., 2003). Ammoniakpåverkan ger ett sänkt mekaniskt försvar i luftvägarna och ökar risken för luftvägsinfektioner (Nimmermark et al., 2009) av exempelvis mykoplasma, virus och patogena bakterier (Visek, 1984). Ammoniakförorenad luft kan även leda till en ökad slemproduktion i luftvägarna (Anderson et al., 1964a) vilket antas bidra till en mer gynnsam miljö för bakteriell tillväxt (Oyetunde et al., 1978) och ökad risk för sekundära infektioner (Wathes et al., 1997).

Ventilationen har i flertalet studier konstaterats ha en signifikant inverkan på koncentrationerna av luftföroreningar i stallarna (Anderson et al., 1964b; Quarles and Kling, 1974; Nimmermark & Gustafsson, 2005). Stalltemperaturen är av stor ekonomisk betydelse för värphönsproducenter på grund av dess inverkan på hönsens äggproduktion, äggvikt, äggkvalité, foderförbrukning och foderomvandlingsförmåga (Payne, 1966; Miller & Sunde, 1975; Al-Saffar & Rose, 2002; Sterling, 2003). Att öka ventilationsflödet under kalla dagar och tillåta att stora mängder kall luft tas in i stallet har i några studier inte ansetts lämpligt ur ekonomisk synvinkel med tanke på de ökade uppvärmningskostnaderna (Anderson et al., 1964b; Wathes et al., 1997). En reducerad ventilation leder å andra sidan till att nivåerna av fukt och ammoniak ökar vilket istället kan leda till ett försämrat immunförsvar hos hönsen (Quarles & Kling, 1974). Följderna kan bli en försämrad hälsa och en negativ inverkan på hönornas foderkonsumtion, foderomvandlingsförmåga, äggproduktion och äggvikt (Charles & Payne, 1966b). Samtliga faktorer är av ekonomisk betydelse för producenten.

Med anledning av vikten med en väl fungerande ventilationsanläggning som gynnar djurvälfaerden, förbättrar djurskötarnas arbetsmiljö samt bidrar till en mer optimerad produktion har den ideella föreningen Fjäderfäcentrum i samråd med



ventilationstekniker Sivert Johansson arbetat fram en checklista för optimerad ventilation i fjäderfästallar.

Checklistan (Fjäderfäcentrum, 2012) (se bilaga 10) är indelad i tre delar där den första delen behandlar teori kring bildning och uppförökning av koldioxid, fukt och ammoniak i fjäderfästallar samt vilka krav som ska ställas på ventilationsanläggningen. Fokus läggs på hur kontrollerade luftströmlar skapas och bibehålls i stallbyggnaden samt vilka effekter utomhusförhållandena kan ha på stallklimatet under de olika årstiderna. Den andra delen beskriver hur producenten kan kontrollera och följa upp sin ventilationsanläggning med hjälp av värmebalansberäkningar och direkta mätningar i stallet. I den tredje delen finns en åtgärdslista som beskriver hur nivåerna av koldioxid, fukt, ammoniak, damm och värme kan hanteras. Slutligen finns en punktlista för vilka rutiner gällande ventilationsanläggningen som bör genomföras dagligen respektive omgångsvis.

## Mål

Målet med studien var att undersöka om den utformade checklistan- ”Checklista ventilation i fjäderfästall” (se bilaga 10) kan användas som ett verktyg för att:

- Reducera förekomsten av luftkvalitetsproblem vintertid i stall för frigående värphöns i flervåningssystem utan tillsatsvärme.

Ett vidare mål var att:

- Identifiera sätt att förbättra produktionen och miljön i frigående värphönsstall vintertid och att studera samband mellan olika förhållanden och klimatparametrar för att identifiera detta.

Studien genomfördes genom jämförande mätningar av klimatparametrar med och utan tillämpning av checklistan i stall för frigående värphöns i flervåningssystem utan tillsatsvärme och samband studerades mellan:

- Luftkvalitetsparametrar i stallen vintertid
- Luftkvalitetsparametrar i stallen och utomhusklimatet
- Luftkvalitetsparametrar i stallen och produktionsparametrarna

## Syfte

Syftet med examensarbetet var att utvärdera om checklistan (se bilaga 10) kan fungera som verktyg vid felsökning och optimering av ventilationsanläggningar i stall för frigående värphöns, i flervåningssystem, utan tillsatsvärme. Syftet var även att undersöka om produktionen påverkas under vintermånaderna samt huruvida detta kan kopplas till försämrad luftkvalitet.

## **Avgränsning**

Datainsamlingen till den genomförda studien inkluderade endast en besättning utan tillsatsvärme. System för höns i inredd bur samt frigående höns i envåningssystem ingick ej i denna studie. Prover tagna i inredningssystemet inkluderades ej då de högsta ammoniaknivåerna förväntas förekomma i nära anslutning till ströbädden.

## LITTERATURSTUDIE

### Djurskyddslagstiftningen om stallmiljön

Den svenska Djurskyddslagen (1988:534) säger att ”Djur skall hållas och skötas i en god djurmiljö och på ett sådant sätt att det främjar deras hälsa”. Den svenska djurskyddslagstiftningen har därför angett gränsvärden för nivåerna av ammoniak, koldioxid och relativ fuktighet.

Gränsvärdet för koldioxid är 3000 ppm (parts per million) (SJVFS 2010:15). Gasen används som ett mått på den generella luftkvaliteten i stallet eftersom koncentrationen av koldioxid påverkas av luftutbytet i stallet i förhållande till antalet djur (Gustafsson & von Wachenfelt, 2004).

Den relativa luftfuktigheten i värmeisolerade stall får endast undantagsvis överstiga 80 % om inte stallets temperatur är lägre än 10 °C; i detta fall får summan av stalltemperaturen och den relativa luftfuktigheten inte överstiga 90 (SJVFS 2010:15). Eftersom den relativa luftfuktigheten i stallet påverkas av ventilationsflödet som i sin tur ofta regleras utifrån stalltemperaturen kan det vintertid finnas behov av tillsatsvärme för att kunna hålla den relativa luftfuktigheten på en godkänd nivå (SJV 2007). Stallet behöver inte dimensionera behovet av tillsatsvärme för extremt låga temperaturer (SJV, 2007) utan denna baseras på den temperatur som anges som dimensionerande för den geografiska zon som stallet befinner sig i enligt SS 95 10 50 (Svensk Standard, 1992).

På grund av de hälsoskadliga effekterna av ammoniak anger Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2010:15) gränsvärden för gasen på 10 ppm för höns i bursystem och flervåningssystem. I envåningssystem för värphöns är gränsvärdet för ammoniak 25 ppm (SJVFS 2010:15) eftersom studier har visat att det i dessa typer av system är svårt att hålla ammoniaknivåerna under 10 ppm (SJV, 2007). Gränsvärdet för ammoniak får tillfälligt överskridas vid utfodring och utgödsling (SJV, 2007).

Flertalet studier har visat att det är svårt att hålla nivåerna av ammoniak under gränsvärdena i stall för frigående värphöns vintertid. I en sammanställning av djurskyddskontroller gjorda av Länsstyrelsen Östergötland (2012) konstaterades att nära hälften av 38 undersökta avdelningar med frigående höns i flervåningssystem överskred gränsvärdet för ammoniak. I en studie av Nimmermark et al. (2007) låg genomsnittsnivåerna av ammoniak i flervåningssystem på 32 ppm (21 ppm till 42 ppm) baserat på tretton mätningar. Nio av tretton mätvärden överskred 25 ppm, samtliga överskred gränsvärdet på 10 ppm enligt djurskyddsbestämmelserna (Nimmermark et al., 2007). Även Odelros & Hermansson (2011) uppmätte nivåer av ammoniak över gränsvärdet när data gällande bland annat luftkvalitetsparametrar insamlades från 14 avdelningar med frigående höns i flervåningssystem.

## Bildning av ammoniak

Färsk träck innehåller i princip ingen ammoniak men bildningen påbörjas direkt efter att hönorna gödslat (Groot Koerkamp et al., 1995). I fjäderfägödsel är urinsyra och osmält protein de två huvudsakliga kvävekällorna och står för 70 % respektive 30 % av det totala kväveinnehållet (Groot Koerkamp, 1994; Dehlin, 2008). Den största källan till bildning av ammoniak i fjäderfästallar är urinsyra och urea (Rothrock et al., 2010) där urinsyra med hjälp av mikrobiella enzym omvandlas till urea och sedan vidare till ammoniak.

Nedbrytningstakten av kvävekomponenterna i gödseln är beroende av temperatur (Jeppsson & Gustafsson, 2009; Groot Koerkamp, 1994) luftfuktighet och pH (Groot Koerkamp, 1994). I samtliga nedbrytningssteg av urinsyra krävs vatten en sänkt vattenhalt i gödseln genererar därmed en sänkt nedbrytning och bildning av ammoniak (Groot Koerkamp et al., 1995). Färsk hönsgödsel håller ofta en torrsubstanshalt på 25-30 % (Malgeryd et al., 2002) och ströbädden håller i praktiken en torrsubstanshalt på mellan 60 till 80 % (Groot Koerkamp, 1994; Malgeryd et al., 2002). Torrsubstanshalten kan dock snabbt sänkas till 50 % (Richert Stintzing & Åkerhielm, 2001) som ett resultat av en undermålig ventilation (Richert Stintzing & Åkerhielm, 2001) och en förhöjd relativ fuktighet (Weaver & Meijerhof, 1991).

### *Jämvikter*

Ammoniakkoncentrationen i stalluften påverkas av ströbäddens temperatur och fukthalt samt dess pH-värde (Groot Koerkamp, 1994). När det kommer till ammoniakbildning och ammoniakavgång finns det två viktiga jämvikter som inverkar; jämvikten mellan ammoniak och ammoniumjoner i gödseln samt jämvikten mellan ammoniakkoncentrationen i gödseln och ammoniakkoncentrationen i luften över gödselytan (Visek, 1984; Groot Koerkamp, 1994; Groot Koerkamp et al., 1998).

Bildningen av ammoniak påverkas av det totala ammoniakkvävet i gödseln som består av ammoniak och ammoniumjoner. Jämvikten mellan dessa är beroende av pH och temperatur, när temperaturen och pH ökar, sker en förskjutning av jämvikten så att mer ammoniak bildas (Visek, 1984; Groot Koerkamp, 1994; Groot Koerkamp et al., 1998). Om gödselns pH-värde istället sjunker förskjuts jämvikten åt andra hållet så att ammoniak istället övergår i ammoniumkväve. Eftersom ammoniumkväve är en positivt laddad jon hålls den kvar i gödseln tack vare negativt laddade joner. Detta innebär att vid låga pH-värden utgörs nästan allt ammoniakkväve av ammoniumjoner, bundet i träcken. Höga pH-värden, över pH 7, ökar istället andelen ammoniak som kan avgå till luften (Visek, 1984; Groot Koerkamp, 1994; Groot Koerkamp et al., 1998).

För avgången av ammoniak är koncentrationsskillnaden mellan ammoniak i gödseln och ammoniak i luften ovanför gödseln en av de drivande faktorerna (Whitehead & Raistrick, 1991). Teoretiskt sett leder stillastående luft ovanför gödselytan till att jämvikt uppstår när luften blivit mättad med ammoniak. Ammoniaken bildar ett ”skyddande lager” som motverkar att mer ammoniak bildas och avgår. Om det ”skyddande lagret” av ammoniak avlägsnas via luftrörelser över gödseln kommer avgången av ammoniak återigen börja öka för att försöka återställa jämvikten. Följden blir att

ammoniakkoncentrationen i gödseln minskar och den kemiska jämvikten mellan ammonium och ammoniak kommer att förskjutas så att mer ammoniak bildas (Olesen & Sommer, 1993). I studier har man kommit fram till att ventilationsflöde och lufthastigheter över gödseln ökar avgången av ammoniak (Gustafsson & von Wachenfelt, 2004). Dock leder en ökad lufthastighet också oftast till ökad upptorkning av gödseln som på sikt kommer att ha motsatt effekt (Nimmermark, 2013, personligt meddelande).

## **Ströbädden**

Förutom de rent fysikaliska parametrarna som temperatur, luftfuktighet, luftrörelser och pH har även tiden som gödseln befinner sig i stallet samt den exponerade ytan en effekt på ammoniakavgången.

Gödselns exponeringstid inverkar på ammoniakavgången och därmed påverkas bidraget av ammoniak från gödselmattor av utgödslingsintervallet (Groot Koerkamp et al., 1999a). Förutsatt att gödselmattorna i systemet körs dagligen (Gustafsson & von Wachenfelt, 2000) är det ströbädden som utgör den största ammoniakkällan i stall med frigående höns (Groot Koerkamp et al., 1995; Gustafsson & von Wachenfelt, 2000).

Stallets utformning och därmed ströbäddsyans storlek inverkar på ammoniakavgången och koncentrationen av luftföroreningar i stallet (Jeppsson & Gustafsson, 2009). I system för frigående höns är den gödselbelagda arean i stallet betydligt större jämfört med i bursystem. Den gödsel som hamnar på gödselmattor avlägsnas regelbundet, däremot hamnar en stor del av gödseln i system för frigående höns på golvet och blir en del av ströbädden.

Ammoniak finns inkapslat i ströbädden under ströbäddsytan och frigörs i ökande grad när ströbädden rörs om (Groot Koerkamp & Bleijenberg, 1998). Omrörningen bidrar därmed till en ökad ammoniakavgång (Groot Koerkamp et al., 1995). Det är en del av fåglarnas naturliga beteendepertoar att sprätta i ströbädden och därmed bidra till omrörning. Trots den ökande avgången är det önskvärt med omrörning då det bidrar till utspädning och snabbare upptorkning av den färska träcken på ytan vilket förbättrar ströbäddens konsistens (Harry, 1978).

Ammoniakavgången ökar med en ökande ströbäddsyta (Groot Koerkamp et al., 1999a) men avgången från ströbädden är inte enbart beroende av ströbäddens yta utan även av ströbäddens kvalitet (Anderson et al., 1964b), ålder (Valentine, 1964) samt volym. Groot Koerkamp et al. (1995) fann att ammoniakavgången ökade med 5 % per cm ökning av ströbäddstjockleken vid en torrsubstanshalt på 80,5 %.

## ***Fodrets inverkan på gödselns sammansättning***

Gödseln och därmed ströbäddens sammansättning är direkt kopplad till fodrets sammansättning då fodrets innehåll av fiber, råprotein och mineral påverkar pH, vatten- och kvävehalt i gödseln. Det finns ett samband mellan kväveinnehållet i ströbädden och ammoniakkoncentrationerna i stallet eftersom både mängden träck och träckens

sammansättning inverkar på ammoniakavgången (Groot Koerkamp, 1994). De flesta strategier som berör reducering av ammoniak fokuserar på åtgärder i stallmiljön, dock är det fodret som är grunden till gödselns kväveinnehåll och fodersammansättningen påverkar dess vattenhalt, konsistens och egenskaper. Att påverka fodrets sammansättning kan därmed bidra till en reducerad ammoniakavgång (Bergendahl & Roberts, 2006).

Reducering av kväveinnehållet i gödseln kan göras genom att antingen minska råproteininnehållet i fodret eller att sänka råproteininnehållet och istället tillsätta rena aminosyror (Bergendahl & Roberts, 1996; Kesharvarz & Austic, 2004; Liu et al., 2011). De rena aminosyrorerna utgörs av essentiella aminosyror som inte hönan själv kan producera. Genom tillsatsen av rena aminosyror får fodret ett mindre överskott av aminosyror och kväve som kan omvandlas till utsöndrad urinsyra jämfört med ett helt spannmålsbaserat foder. Liu et al. (2011) fann i sin studie att tillsatsen av rena aminosyror i kombination med reducerat råproteininnehåll i fodret hade en större effekt på sänkningen av ammoniakbildning än enbart en sänkning av råproteininnehållet.

Även fodermedel med högt fiberinnehåll har visat sig bidra till en reducerad ammoniakavgång (Roberts et al., 2007). Eftersom höns inte kan smälta fibrer kommer fibrerna att fungera som en energikälla för mikroorganismer i tjocktarmen. Vid den mikrobiella fermentationen av fibrerna bildas flyktiga fettsyror som sänker pH hos träcken. Ett sänkt pH i träcken genererar i sin tur en sänkt ammoniakavgång till följd av att pH-sänkningen förskjuter ammoniak/ammonium jämvikten så att mer ammonium bildas (Bergendahl & Roberts, 2006). Dock kan inte vilka fibrer som helst blandas i fodret. Spannmål innehåller negativa egenskaper kopplade till deras innehåll av svårsmältbara, vattenlösliga, fibrer exempelvis arabinoxylaner (pentosaner) i vete och betaglukaner i havre (Nahm, 2007). I tarmen skapar de vattenlösliga fibrerna en geléliknande konsistens vilket sänker smältbarheten, närings- och energiupptaget från fodret (Nahm, 2007). Den höga vattenhållande förmågan hos fibrerna genererar en ökad vattenhalt i träcken (Marquardt et al., 1996; Jaroni et al., 1999) vilket skapar problem med ströbädd och stallmiljön (se figur 1). De negativa egenskaperna hos spannmålen kan dock avhjälpas genom enzymtillsatser (Bedford & Morgan, 1996) exempelvis xylanas för råg och vete och betaglukanas för korn och havre (Marquardt et al., 1996).

Smith et al., 2000 fann att överutfodring av natrium, kalium eller fosfor resulterade i ett ökat vattenintag och vatteninnehåll i träcken. Därmed har även mineralsammansättningen i fodret en stor inverkan på torrsustanshalten i träcken (Smith et al., 2000).



Figur 1. Lös träck under period med hög vattenförbrukning.

### ***Ströbäddens kvalitet***

Torrsubstanshalten i ströbädden är avgörande för ströbäddskvaliteten (se figur 2) (Groot Koerkamp et al., 1999b) och även för luftkvaliteten i stallet eftersom en lägre torrsubstanshalt i ströbädden, dvs. ett högre vatteninnehåll, ger en ökad ammoniakbildning (Groot Koerkamp & Bleijenberg, 1998; Groot Koerkamp et al., 1998). Vattenavgången från ströbädd och gödsel påverkas av temperatur, relativ luftfuktighet och lufthastighet. Hög temperatur och hög lufthastighet över ströbäddsyta gynnar avgången av vatten från ströbädden (Groot Koerkamp, 1994). En ökad ventilation, med ökande luftrörelser över ströbäddsyta, ger därmed en högre torrsubstanshalt (Groot Koerkamp et al., 1995) och påverkar ströbäddens kondition genom att reducera risken för kakkbildning (Weaver & Meijerhof, 1991). En ökad vattenavgång och en högre torrsubstanshalt resulterar i minskad vattentillgänglighet för den mikrobiella nedbrytningen och därmed fås samtidigt en reducering av ammoniakbildning och ammoniakavgång (Groot Koerkamp et al., 1995; Groot Koerkamp et al., 1998).



Figur 2. Ströbädd med hög vattenhalt (t.v.) och ströbädd med låg vattenhalt (t.h.).

### ***Ströbäddskvalitet och djurens ålder***

Under den första delen av värpperioden uppstår ofta problem med ströbäddskvalitén. Mängden träck som hönsen tillför ströbädden påverkar dess volym och sammansättning (Groot Koerkamp & Bleijenberg, 1998). Under den första perioden efter insättning av unghönsen i stallet sker en upplagring av gödsel i ströbädden vilket genererar en ökad ammoniakavgång (Jeppsson & Gustafsson, 2009) till följd av det snabbt ökande vatteninnehållet i ströbädden (Groot Koerkamp et al., 1999b). Vattenflödet till ströbädden och ströbäddens sammansättning varierar mycket med tid och kan kopplas till hönsens ålder och beteende (Groot Koerkamp et al., 1999b).

Ammoniakavgången i stallet varierar även över dygnet och Groot Koerkamp & Bleijenberg (1998) förklarade den dagliga variationen med hönsens aktivitetsnivå under den ljusa delen av dygnet. En högre avgång noterades på eftermiddagen då frekvensen av sandbadning var högre (Groot Koerkamp & Bleijenberg, 1998). I studien av Groot Koerkamp et al., (1999b) noterades att under de första veckorna efter insättning utforskade hönorna systemet och ströbädden, och antalet höns som vistades på ströbädden ökade från insättning fram till runt 20 veckors ålder. I och med att äggproduktionen började öka skedde en förändring i hönornas beteende, de vistades mindre på ströbädden och mer uppe i systemet för att äta, dricka och värpa (Groot Koerkamp et al., 1999b). Antalet höns som vistades på ströbädden följde samma mönster som träck och vattenökningen i ströbädden. Vid 20 veckors ålder gödslades nästan 50 % av träcken på ströbädden medan vid åldersvecka 30 gödslades endast 10-15 % av träcken på ströbädden (Groot Koerkamp et al., 1999b) vilket därmed resulterade i att vattentillförseln via träck minskade.

### ***Nedkyld ströbädd***

Låg torrsubstanshalt (hög vattenhalt) i ströbädden kan bland annat orsakas av dåligt isolerade golv, dålig dränering (Richert Stintzing & Åkerhielm, 2001), luftläckage (Czarick & Fairchild, 2004) samt avsaknad av tillskottsvärme (Richert Stintzing & Åkerhielm, 2001). Det finns ett par olika anledningar till att kakig ströbädd (se figur 3) uppstår. En anledning kan vara att kall luft som kommer in genom exempelvis sprickor



eller via fläktspjäll, snabbt faller till golvet och orsakar nedkylda områden i stallet. En annan anledning till uppkomsten av kakig ströbädd kan vara att den fukt som luften innehåller fälls ut vilket ger en ökad tillförsel av fukt till ströbädden som får en högre vattenhalt (Czarick & Fairchild, 2004).



Figur 3. Illustration av några fuktproblem i stallarna. Kakig ströbädd längs ytterväggssida i stallet (t.v.) och kondensvatten som rinner från taket längs med en yttervägg i stallet (t.h.).

Det finns ett samband mellan den relativa luftfuktigheten och ströbäddens fukthalt. Fukthalten i allt organiskt material (trä, spannmål etc.) står i balans med den relativa luftfuktigheten och då den relativa luftfuktigheten ökar så ökar även fukthalten i de organiska materialen. Den maximala mängden vatten som luften kan bära, dvs. luftens mättnadsånghalt, är temperatur beroende. Om luft med ett visst vatteninnehåll kyls kommer luftens vattenhållande förmåga att sjunka och den relativa luftfuktigheten att öka (Czarick & Lacy, 1997; Sällvik & Ehrlemark, 2007). Under vintern är risken för nedkylda ytor stor eftersom låga utomhustemperaturer bidrar till nedkylning av sämre isolerade ytor i stallet (Ivoš et al., 1966). Om luft med ett högt vatteninnehåll kommer i kontakt med nedkylda ytor och kyls ner så pass att mättnadsånghalten överskrids bildas kondens (se figur 3). Detta innebär att ju varmare och fuktigare luften i stallet är och ju kallare ytorna är desto mer sannolikt är det att kondens bildas (Czarick & Fairchild, 2004).

Ett nedkylt golv i kombination med en tjock ströbädd som fungerar isolerande kan leda till att golvtemperaturen sänks och att fukthalten i ströbädden ökar (Nimmermark et al., 2009). En tjock ströbädd begränsar upptorkningen av små partiklar och träck i ströbädden eftersom vattnet måste passera genom ett tjockt ströbäddslager (Groot Koerkamp et al., 1995). Med högre temperatur kan luften hålla mer vatten och bidra till att ströbädden får en snabbare upptorkning. En snabb upptorkning av träcken är av vikt

för att reducera ammoniakavgången och detta kan uppnås genom att exempelvis utnyttja tillsatsvärme (Czarick & Lacy, 1997). Nimmermark et al. (2009) noterade att stall med envåningssystem, gödselbinge och tillsatsvärme höll ammoniaknivåer på under 10 ppm i jämförelse med stall utan tillsatsvärme där genomsnittsnivåerna låg på 52 ppm.

## **Tillsatsvärme**

Utomhustemperaturen och värmeavgivningen från hönsen är avgörande för att kunna bibehålla önskad stalltemperatur (Sällvik & Ehrlemark, 2010) i system utan tillsatsvärme och både hönsens aktivitetsnivå och belägningsgrad i stallet inverkar på stalltemperaturen (Thiele & Pottgüter, 2008). Om den värme som djuren avger inte är tillräcklig för att hålla den önskade stalltemperaturen vid minimiluftflöde krävs tillsatsvärme (Sällvik & Ehrlemark, 2010). För att beräkna behovet av tillsatsvärme krävs en värmebalansberäkning som inkluderar den teoretiska tillförseln av värme från hönsen samt den förlust av värme som avgår via tak, väggar, golv, fönster och ventilation (Bengtsson, 2001).

Utan tillsatsvärme kan det bli problem med avlägsnandet av fukt eftersom stallet snabbt kyls ner om stora mängder kall luft tas in. Med tillsatsvärme kan temperaturen höjas något vilket minskar den relativa fuktigheten och underlättar upptorkningen av stallet (Czarick & Lacy, 1997). Det är luftkvalitén och inte mängden luft som är avgörande för att hålla ett hus torrt. Att ta in stora mängder kall luft och låta stalltemperaturen falla ger inte önskat resultat, och det kan då vara bättre att ta in en måttlig mängd luft och sedan värma upp den (Czarick & Lacy, 1997). Principen är att inte tillföra mer värme än att fläktarna fortfarande går på minimiventilation.

I slaktkycklingstallar delas stallets värmesystem traditionellt upp i flera zoner som endast är i gång när värme krävs i ett visst område av huset (Czarick et al., 2008). Det finns två skäl till att värmesystemet ska delas in i zoner. För det första vill man inte värma för mycket. Det är lätt att stallet blir för varmt vilket får frånluftsfläktar att öka sin kapacitet för att kyla stallet igen. Därmed erhålls en onödigt hög energiförbrukning för tillsatsvärmerna samtidigt som det kan uppstå drag i stallet (Czarick & Fairchild, 2001). Det andra skälet är det faktum att olika delar av stallet behöver olika mängder värme. Behovet av tillsatsvärme är mindre i mitten av stallet än vid gavlarna. Genom zonindelning är det lättare att erhålla en enhetlig stalltemperatur vilket samtidigt är en betydande energibesparing eftersom värme endast tillförs där det behövs (Czarick et al., 2008).

## **Ventilation**

Tidigare dimensionerades ventilationsbehovet i värphönsstallar utifrån den relativa fuktigheten. Efter att SJV införde gränsvärden för koldioxid på 3000 ppm är nu detta oftast den dimensionerande faktorn vid beräkning av minimum ventilationsbehov (SS 95 10 50). Ventilationsanläggningens uppgift är att reglera stalltemperaturen, avlägsna fukt

och luftföroreningar, fördela frisk luft till alla djur och reglera lufthastigheter och luftrörelser i stallet för att undvika drag (Sällvik & Ehrlemark, 2010).

### ***Klimatreglering, temperaturgivare och ventilationsflöde***

Klimatregleringen av stallar har ansetts vara ett komplext system som ofta baseras på temperaturkontroll (Groot Koerkamp, 1994). Klimatregleringssystemet styr ventilationsflödet och detta är beroende av belägningsgrad, byggnadens isolering och utomhusklimat (Sällvik & Ehrlemark, 2010) eftersom dessa påverkar möjligheten att bibehålla önskad stalltemperatur (Bengtsson, 2001). Temperaturgivare i stallet skickar information till reglercentralen om stallförhållandena. Det har ansetts att antalet temperaturgivare är avgörande för att kunna ge en så representativ bild som möjligt av stallförhållandena. För att klimatregleringen ska kunna styra miljön i stallet på bästa sätt måste den kunna registrera vad som händer i hela stallet. Placeringen av givare måste därför väljas med omsorg (Czarick & Fairchild, 2001).

Temperaturgivarna bör inte placeras nära värmekällor eftersom värmestrålningen från dessa kan leda till att givaren indikerar att lufttemperaturen är högre än den faktiskt är, vilket leder till att lufttemperaturen i stallet blir lägre än önskat (Czarick & Fairchild, 2001). Temperaturen tenderar att vara lägre längs ytterväggarna än i mitten av huset och därmed är det viktigt att temperaturgivaren inte placeras i mitten, eftersom temperaturen nära väggen då kommer att bli för låg. Inte heller bör de placeras nära ytterväggen eftersom det kan leda till att centrum av huset håller en temperatur på ett par grader över börvärdet. Av liknande skäl bör temperaturgivarna inte placeras varken för högt eller för lågt. Temperaturgivaren kommer då att registrera en temperatur som skiljer sig från den vid djurnivå (Czarick & Fairchild, 2001).

I en studie av Zuidhof et al. (1993) hade ventilationsflödet en större inverkan på ammoniakkoncentrationen i stallet än vad belägningsgraden av kalkoner hade. Högt ventilationsflöde (1869 m<sup>3</sup>/h) resulterade i signifikant ( $p < 0,001$ ) lägre ammoniakkoncentrationer, oavsett belägningsgrad, men det högre ventilationsflödet resulterade även i en högre ammoniakavgång till omgivningen jämfört med ett lågt ventilationsflöde (807 m<sup>3</sup>/h) (Zuidhof et al., 1993). Avgången av ammoniak är ofta högre under sommaren som följd av högre temperatur i kombination med högre ventilationsflöde. Dock är koncentrationerna högre under vintern till följd av reducerad ventilation för att bibehålla stalltemperaturen (SJV, 2005).

### ***Luftrörelser***

Koncentrationen av ammoniak varierar med tid och plats i stallet eftersom vissa platser av stallet ventileras mer än andra (Ni & Heber, 2001). Lufthastigheterna och luftrörelserna i stallet beror av ventilationsflöde, placering och storlek hos tilluftsdon, placeringen av inredning i stallet och även av hönsens fördelning (Groot Koerkamp, 1994). I en studie av Groot Koerkamp & Bleijenberg (1998) jämfördes tre olika typer av flervåningssystem, "Tiered Wire Floor", "Natura" och "Boleg", med avseende på stallklimat och ammoniakavgång. Samtliga systemtyper hade samma belägningsgrad och temperaturreglerad ventilation (kapacitet 4500 m<sup>3</sup>/h). Vid en utomhus temperatur på 5,6 °C noterades signifikanta skillnader mellan samtliga system gällande stalltemperatur,

relativ fuktighet, ammoniak och ventilationsflöde. Skillnaderna antogs bero på variationer i hönsens beteende och aktivitet i de olika systemen i kombination med att utformningen och placeringen av inredning i de olika systemen genererade olika luftströrelser (Groot Koerkamp & Bleijenberg, 1998).

Ett konventionellt sätt att tillföra djuren frisk luft är tilluftsdon placerade vid taknivå. En fördel med detta kan vara att den delen av stallet inte är förorenade av gödsel. Därefter anses det lämpligt att luften transporteras så lång väg som möjligt och sprids i stallet innan den kommer i kontakt med gödseln (Jeppsson & Gustafsson, 2009). Enligt Gustafsson & von Wachenfelt (2000) inverkar placeringen av frånluften på ammoniaknivåerna i stallet. Jeppsson & Gustafsson (2009) menar att frånluften bör placeras i nära anslutning till gödselytan för att snabbt kunna avlägsna den förorenade luften från stallet. I en studie av Gustafsson & von Wachenfelt (2000) noterades att placering av frånluften i nära anslutning till ströbädden resulterade i signifikant effektivare ventilation samt lägre ammoniaknivåer jämfört med luftuttag i taknivå.

## **Produktion och stallklimat/luftkvalitet**

En viktig del i en hållbar äggproduktion är självklart att producenten ska kunna erhålla en ekonomisk vinst. Ventilationen har en betydande inverkan på detta, eftersom temperatur (Payne, 1966; Davis et al., 1973; Sterling et al., 2003) och höga halter av ammoniak (Charles & Payne, 1966a; Deaton et al., 1982; Deaton et al., 1984) har visat sig ha en inverkan på hönsens produktion. Dessa faktorer är beroende av ventilationsflödet (Wathes et al., 1997; Zuidhof et al., 1993; Nimmermark et al., 2009).

### ***Temperatur***

För värphöns anges den rekommenderade stalltemperaturen för optimal produktion vara ca 20 °C (Kocaman et al., 2006; Thiele & Pottgüter, 2008). En något lägre temperatur under vintermånaderna anses inte vara ett problem för produktionen, däremot har hönorna svårare att klara av temperaturer över 30 °C vilket kan påverka produktionen negativt (Thiele & Pottgüter, 2008). Hönsens förutsättning att klara av låga temperaturer är dock beroende av deras befjädring. Richards (1977) fann i sin studie att höns med 40 % befjädring hade signifikant högre ämnesomsättning jämfört med normalbefjädrade höns. För varje grads reduktion av stalltemperaturen från 30 °C ökade värmeproduktionen för de dåligt befjädrade hönsen med 4,6 % jämfört med 2,1 % hos de normalt befjädrade. Enligt Richards (1977) kan det antas att vid en temperatur på mellan 15- 25 °C skulle den förhöjda ämnesomsättningen hos de dåligt befjädrade hönsen kunna motsvara en ökning av foderförbrukning på 60 % jämfört med hos normalt befjädrade höns.

### ***Temperatur och produktion***

Sterling et al. (2003) fann att temperaturen hade en signifikant ( $p < 0,05$ ) inverkan på flertalet produktionsfaktorer som foderförbrukning (g/höna dag), äggproduktion (% ägg/kvarvarande hönor dag) och producerad äggmassa (g/höna dag). Med ökande

stalltemperatur från 15 °C till 30 °C, minskade äggproduktionen och den producerade äggmassan men även foderförbrukningen (Sterling et al., 2003). Marsden & Morris (1987) fann å andra sidan ingen större inverkan av temperatur på äggproduktionen, däremot reducerades foderintaget med stigande temperatur från 10 °C till 29 °C varpå en bättre foderomvandlingsförmåga erhöles. Enligt Long et al. (1966) påverkar hönsens ålder hur väl de hanterar temperaturextremer. Äldre höns som är långt gångna i produktionen har svårare att hantera låga temperaturer och fortfarande bibehålla produktionen jämfört med höns vid en ålder av 40 veckor. Long et al. (1966) menade att de yngre hönorna kan kompensera för perioder med extrema temperaturer genom att hålla en lägre produktion under denna period och öka produktionen under resten av året.

Varierande stalltemperatur påverkar produktion olika beroende av hur stor temperaturvariationen är och inom vilka gränser som temperaturen pendlar. Hastigheten för temperaturförändringen tycks inverka på hönsens produktion, åtminstone vid extrema temperaturer. Campos et al. (1962) fann att både en snabb och en långsam sänkning av temperaturen från 21,1 °C till -12 °C resulterade i en kraftigt sänkt äggproduktion, samtidigt som det tog längre tid för hönsen att återhämta produktionen vid en snabb sänkning av temperaturen.

Höns som hålls under temperaturförhållanden där temperaturen varierar kan inte antas hålla samma produktionsnivå som höns som hålls i en konstant temperatur motsvarande periodens medelvärde (Al-Saffar & Rose, 2002). Al-Saffar & Rose (2002) menar att en skattning av förväntad äggproduktionen under varierande temperaturförhållanden kan göras bättre om man tar hänsyn till den lägsta och högsta temperaturen och tidpunkten då de olika temperaturextremerna förekommer jämfört med om man räknar med produktion utifrån periodens medelvärde.

### *Temperatur, foderförbrukning & äggkvalitet*

Foderförbrukningen ökar med sjunkande temperatur (Payne, 1966; Davis et al., 1973) och foderomvandlingsförmågan försämras (Payne, 1966). Mueller (1961) fann att hönsens foderförbrukning under varierande temperaturförhållanden låg mellan foderförbrukningen för höns under konstant temperatur på 32 °C som förbrukade minst, och konstant temperatur på 12,8 °C som förbrukade mest. Payne (1966) fann att höns som hölls under kraftigt ventilerade förhållanden med en stalltemperatur på mellan 7 och 12 °C hade signifikant sämre foderomvandlingsförmåga jämfört med höns som hölls under restriktivt ventilerade förhållanden med ett börvärde på 15 °C. Detta förklarades av att temperaturen i det restriktivt ventilerade stallet var något högre (Payne, 1966). I studien angavs ingen definition på vilka ventilationsflöden som motsvarade kraftigt ventilerade respektive restriktivt ventilerade förhållanden.

Mueller (1961) fann att stalltemperaturen hade en effekt både på äggvikt och skaltjocklek. I studien jämfördes effekten av en konstant temperatur på 12,7 °C respektive 32,2 °C samt en varierande temperatur däremellan i tre grupper av höns under perioden 20 veckor till 62 veckors ålder. Gruppen som vistats i en konstant låg temperatur på 12,7 °C hade en snabbare ökning av äggvikten jämfört med grupperna av höns som vistats i varierande och hög temperatur (Mueller, 1961). Miller & Sunde (1975) fann i en studie att en konstant hög temperatur på över 30 °C resulterade i en

sänkt skalstyrka jämfört med en konstant låg temperatur på 10 °C vilket överensstämde med resultat av Mueller (1961).

Den varierande temperaturens inverkan på produktion och foderförbrukning är beroende av mellan vilka temperaturer som variationerna sker och även vid vilken tid på dygnet som temperaturen når sina extremer. Emery et al. (1984) fann att äggvikten reducerades signifikant vid en varierande temperatur mellan 21,1 till 37,7 °C jämfört med vid en varierande temperatur mellan 15,6 och 37,7 °C när den högsta temperaturen uppnåddes klockan 02.00. Ingen signifikant skillnad noterades däremot när den högsta temperaturen uppnåddes klockan 14.00. Foderomvandlingsförmågan påverkades inte av varierande temperatur, oavsett temperaturspann, när den maximala temperaturen uppnåddes klockan 14.00. Däremot sänktes foderomvandlingsförmågan signifikant vid en varierande temperatur på mellan 15,6 °C och 37,7 °C när temperaturen var som högst klockan 02.00 på natten.

Tidpunkten på dygnet när temperaturextremerna uppnåddes hade även en effekt på skaltjockleken. Skaltjockleken blev tunnare vid fluktuerande temperatur på mellan 15,6 och 37,7 °C när temperaturen 37,7 °C nåddes klockan 02.00 på natten men inte när den nåddes 14.00 på dagen (Emery et al., 1984). Även Deaton et al. (1981) fann att lägre temperatur under mörkerperioden gynnade skaltjockleken.

### ***Ammoniak***

Ammoniak inverkar på flertalet parametrar i värphönsproduktionen. Förutom negativ inverkan på djurvälfärd (Kristensen et al., 2000) har gasen visat sig ha effekt på bland annat fåglarnas motståndskraft mot sjukdomar (Carlile, 1984), könsmognad (Charles & Payne, 1966a), produktion och dödlighet (Deaton et al., 1984).

### ***Ammoniak och djurvälfärd***

Höns föredrar att vistas i en miljö med låga ammoniaknivåer om de ges möjlighet att välja. Kristensen et al. (2000) fann signifikanta ( $p < 0,05$ ) skillnader i hönsens beteende vid jämförelse mellan 0 ppm och 25 ppm ammoniak i luften. Hönsen utförde födosök och fjäderputsning mer frekvent samt vilade mer vid ammoniaknivåer på 0 ppm jämfört med 25 ppm. Däremot noterades inga signifikanta skillnader i beteende mellan 25 ppm och 45 ppm vilket enligt Kristensen et al. (2000) tyder på att gränsvärdet för att hönsen uppvisar undvikande beteende gentemot ammoniak uppträder vid nivåer mellan 0 ppm och 25 ppm.

### ***Ammoniak, sjukdomar och motståndskraft***

Anderson et al. (1964a) fann ingen signifikant påverkan av ammoniaknivåer på 20 ppm vid en exponeringstid av sex veckor. Vid exponering under längre tid än sex veckor noterades förändringar i lungvävnaden hos kycklingar och kalkoner. Högre nivåer av ammoniak resulterade i samma symptom men dessa uppträdde efter en kortare tids exponering (Anderson et al., 1964a). Anderson et al (1964a) menar därför att den toxiska effekten av ammoniak är kopplad till både koncentration och exponeringstid.

Ammoniakexponering verkar vara en inverkan faktor för vaccinationsstress (Carlile, 1984). Vid nivåer av ammoniak på 20 ppm uppvisade kycklingarna inga tydliga tecken på skada av lungvävnaden vid histologisk undersökning, däremot uppvisades tydliga histologiska förändringar när kycklingarna exponerats för 20 ppm ammoniak i kombination med luftburen smitta i form av NCDV (New Castle Disease Virus) (Anderson et al., 1964a) vilket även noterades av Quarles & Kling, 1974. Wang et al. (2010) fann att kycklingar som exponerats för ammoniaknivåer på mellan 25 ppm och 52 ppm under 21 dagar uppvisade en signifikant ( $p < 0,05$ ) sänkning av andelen antikroppar vid vaccinering mot NCDV. Även vid låga koncentrationer av ammoniak, 20-50 ppm, uppvisade kycklingarna en sänkt motståndskraft mot NCDV infektion vid exponering under 72 timmar (Anderson et al., 1964a).

### *Ammoniak och reproduktion*

Charles & Payne (1966a) fann att höns som exponerats för 52,6 ppm började värpa ungefär en vecka senare och höns exponerade för 78,3 ppm två veckor senare jämfört med kontrollen som inte exponerats för ammoniak. Även åldern vid 30 % produktion inföll senare, sex dagar senare för 52,6 ppm ( $p < 0,05$ ) och 13 dagar senare för 78,3 ppm ( $p < 0,01$ ). Åldern vid 50 % produktion var två veckor senare för 52,6 ppm ( $p < 0,01$ ) och 19 dagar senare för 78,3 ppm ( $p < 0,001$ ). Åldern för 75 % produktion var 10 dagar senare för 52,6 ppm ( $p < 0,01$ ) och 21 dagar senare för 78,3 ppm ( $p < 0,001$ ). Följaktligen var den totala produktionen av antal ägg/per insatta höns under 322 dagar lägre för de två grupperna som exponerats för ammoniak jämfört med kontrollen. Skillnaderna var till viss del beroende av den senare värpstarten och till viss del beroende på att dödligheten var något högre i de två grupperna med ammoniakförorenad luft (Charles & Payne, 1966a).

### *Ammoniak och produktion*

Deaton et al., (1982) exponerade höns vid en ålder av 12 och 14 månader för ammoniaknivåer på 0 ppm, 100 ppm och 200 ppm under 17 dagar vid en temperatur på 21 °C. Höns som exponerades för 200 ppm ammoniak under 17 dagar producerade signifikant ( $p < 0,05$ ) sämre jämfört med kontrollen. För de höns som exponerats för 0 ppm och 100 ppm var foderomvandlingsförmågan bättre, foderintaget reducerat och levandevikten likaså däremot påverkades inte äggvikten under den korta exponeringstiden. Ingen signifikant reduktion i produktion noterades hos de höns som exponerades för 100 ppm ammoniak under 17 dagar, inte heller under 28 dagars exponering vid jämförelse med kontrollen. Exponering för 100 ppm under 28 dagar påverkade däremot levandevikten, foderintaget reducerades medan foderomvandlingsförmågan förbättrades (Deaton et al., 1982). Deaton et al. (1982) antog att äggproduktionen skulle minska drastiskt om ammoniakexponeringen tilläts fortgå under längre tid, framförallt när kroppsreserverna tog slut.

I efterföljande försök undersökte Deaton et al. (1984) effekten av 0 ppm och 200 ppm ammoniak på unghöns (19 veckor gamla) under 17 dagar. Levandevikten reducerades signifikant ( $p < 0,05$ ) hos den exponerade gruppen jämfört med de unghöns som inte exponerats. Kroppsvikten skiljde sig fortfarande signifikant efter 28 dagars återhämtning i ammoniakfri miljö. Efter 56 dagars återhämtning var skillnaden i levandevikt inte längre signifikant. I studien av Deaton et al. (1984) avled inga höns under den 17 dagar

långa exponeringstiden, men under de efterföljande 28 dagarnas återhämtning avled 25 % av de exponerade hönsen; inga höns i kontrollgruppen avled. Under 84 dagar efter exponeringens avslutande producerade de exponerade hönsen signifikant ( $p < 0,05$ ) färre ägg, men äggvikterna skiljde sig inte (Deaton et al., 1984).

Exponeringstiden (Charles & Payne, 1966a) och temperaturen (Charles & Payne, 1966b) påverkar effekten av ammoniak. Vid en temperatur på 20 °C och med ammoniaknivåer på 78,3 ppm reducerades foderförbrukningen signifikant. Reduceringen ökade med exponeringstiden ( $p < 0,05$  vecka 15-22 och  $p < 0,01$  vecka 23-30). Ingen signifikant skillnad i foderförbrukning noterades dock för höns som exponerades för 52,6 ppm (Charles & Payne, 1966a). Charles & Payne (1966b) fann signifikant ( $p < 0,05$ ) inverkan på äggproduktion och levandevikt av ammoniaknivåer på 105 ppm vid 18,1 °C efter 10 veckors exponering. Med en förhöjd temperatur till 28 °C noterades en signifikant ( $p < 0,05$ ) lägre äggproduktion vid 102 ppm ammoniak efter 7 veckor. Även äggstorlek, skaltjocklek och foderförbrukning reducerades signifikant ( $p < 0,05$ ) (Charles & Payne, 1966b). Charles & Payne (1966b) påpekade att om försöksperioden förlängts, eller om hönsen även exponerats för damm i kombination med ammoniak skulle effekterna kunnat bli tydligare även vid lägre ammoniaknivåer.



## MATERIAL OCH METODER

För att utvärdera den utformade checklistan genomfördes en kvantitativ datainsamling. I samråd med Branschorganisationen Svenska Ägg beslutades att studien skulle koncentreras till en besättning belägen i Mellansverige. Besättningen bestod av fyra stallar med frigående höns i flervåningssystem. Studien gjordes i samarbete med ventilationstekniker och medförfattaren till checklistan (se bilaga 10), Sivert Johansson. Sivert hade sedan tidigare kännedom om den aktuella besättningen och var insatt i dess ventilationssystem.

### Stallbeskrivningar

Besättningens fyra stall var av två olika typer (A och B) och stallen A1, A2 och B1, B2, låg i två separata byggnader med en sammanlänkande kulvert för personal och äggtransportband (se bilaga 1 - figur 23). Ett stall av vardera typen var kontrollstall (A1 och B1) och ett stall av vardera typen var försöksstall (A2 och B2). Samtliga stall inhyste höns av hybriden Lohmann LSL Classic. Befjädringen hos hönsen i samtliga stall var god. Hönsens ålder vid varje provtagningstillfälle framgår av tabell 1.

I besättningens olika stalltyper fanns två olika typer av ventilationssystem som reglerades med hjälp av en klimator (Skov, DOL-234) kopplad till givare i stallen som registrerade relativ luftfuktighet samt temperatur. Utanför varje stall fanns en manometer av typen U-rör monterad för avläsning av undertryck. Samtliga stallbyggnader var konstruerade av betongelement, väggar och golv hade isolering av frigolit och taken hade isolering av lösull. Varken golvvärme eller annan tillskottsvärme fanns i något av stallen och till följd av detta reglerades stallklimatet helt och hållet av ventilationen. Stallbyggnaderna var sammanlänkade av en underjordisk kulvert (se bilaga 1 – figur 23) varför ett undertryck på 10 Pa hölls i B-stallen för att undvika att stalluften skulle transporteras ut i korridoren och in i A-stallen till följd av undertrycksventilationen i dessa stall.

Samtliga stall sköttes av samma personal. Felkällor i form av skillnader i management och dagliga rutiner mellan stallen kunde därmed reduceras. Enligt ordinarie rutin kördes utgödslingen i stallen tre gånger per vecka och ströbädden avlägsnades vid behov.

#### *Stalltyp A - Stall A1 och A2*

De två stallen av stalltyp A var flervåningssystem med extrainsatta väggreden längs ena långsidan (se bilaga 2 - figur 24 och bilaga 2 - figur 25). Stallen hade en golvarea på 1680 m<sup>2</sup>, och en total tillgänglig yta av 3020 m<sup>2</sup> när hela ytan i inredningssystemet inkluderats. Belägningsgraden var 8,5 höns/ m<sup>2</sup> tillgänglig yta.

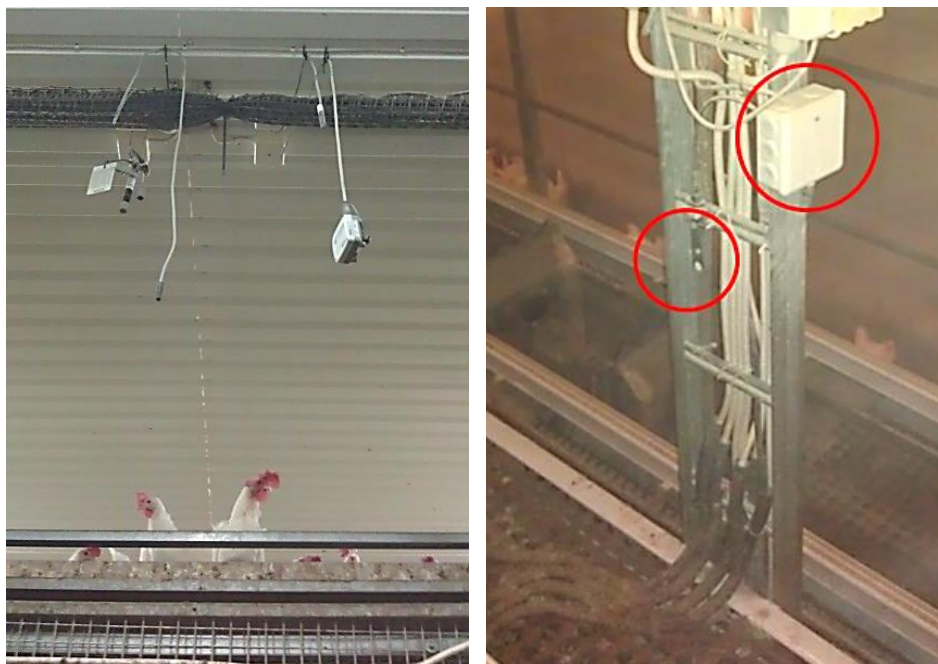
Stallen hade klimatstyrd undertrycksventilation med takmonterade frånluftsfläktar (Skov, DA-600) och tilluftsdon (Skov, DA 50-650). Frånluftsfläktarna var placerade längs mitten av stallet och arbetade enligt den s.k. Multistep-principen (se bilaga 8 -

figur 32). Systemet bestod av två varvtalsreglerade fläktar, två fläktar i steg 1, fyra fläktar i steg 2 och fem fläktar i steg 3. Tilluften togs in via 18 tilluftsdon, nio stycken på varje sida av systemet. Placeringen av tilluftsdon och frånluftsfläktar kan ses i bilaga 4 - figur 27. Det beräknade minimiventilationsflödet per stall var  $20\,900\text{ m}^3/\text{timme}$  och maximiventilationsflödet var beräknat till  $160\,400\text{ m}^3/\text{timme}$  vid fullbeläggning. Varje stall hade fyra givare som registrerade stalltemperatur och relativ luftfuktighet, informationen skickades sedan till klimatdatorn. Givarna hängde från taket och var placerade ca en meter över det översta planet i inredningssystemet (se figur 4) i den del av systemet som låg närmast stallets hjärtvägg (se bilaga 2 - figur 25 och bilaga 4 - figur 27). Enligt värmebalansberäkning var behovet av tillsatsvärme per stall  $51,4\text{ kW}$  vid full beläggning och vid en utetemperatur på  $-15\text{ °C}$ .

### ***Stalltyp B- Stall B1 och B2***

De två stallen av stalltyp B var flervåningssystem (se bilaga 5 - figur 28 och bilaga 5 - figur 29) som vardera hade en golvarea på  $1280\text{ m}^2$  och en total tillgänglig yta av  $2890\text{ m}^2$ . Beläggningsgraden var  $8,7\text{ hönor}/\text{m}^2$  tillgänglig yta.

Stallen hade klimatstyrd neutraltrycksventilation där till- och frånluftflöde reglerades med spjällmotorer (Skov, DA 75A) via klimatdatorn. Frånluftsfläktarna (Skov, DA 600) och tilluftsfläktarna (Dacs, Corona D) var takplacerade i mitten av stallet (se bilaga 7 - figur 31). Frånluftsfläktarna arbetade enligt den s.k. Multistep-principen (se bilaga 8 - figur 32). Systemet bestod av två varvtalsreglerade fläktar, två fläktar i steg 1, två fläktar i steg 2 och en fläkt i steg 3. De 17 tilluftsfläktarna hade en så kallad recirkulationsfunktion vilket innebär att den inkommande luften förvärms genom inblandning med stallluften. Det beräknade minimiventilationsflödet var  $20\,000\text{ m}^3/\text{timme}$  och maximiventilationsflödet var beräknat till  $153\,400\text{ m}^3/\text{timme}$  vid fullbeläggning. Varje stall hade en klimatsensor som registrerade stalltemperatur och relativ luftfuktighet, informationen skickades sedan till klimatdatorn. Sensorerna var placerade i den övre delen av systemet i djurnivå (se bilaga 5 - figur 29 och bilaga 7 - figur 31), ca  $1,8\text{ m}$  från taket och  $0,5\text{ m}$  från systemets översta plan (se figur 4). Enligt värmebalansberäkning var behovet av tillsatsvärme per stall  $44,2\text{ kW}$  vid full beläggning och vid en utetemperatur på  $-15\text{ °C}$ .



Figur 4. Placering av klimatsensor i A-stallen (t.v.) och i B-stallen (t.h.).

## Förberedelser

Ambitionen var att jämföra stallklimatet i försöksstallen (A2, B2) med stallklimatet i kontrollstallen (A1, B1). Under försöksperioden, januari till mars, skulle stallklimat och luftkvalité observeras dagligen i försöksstallen A2 och B2. Därefter skulle eventuella justeringar göras i klimatdatorn för att öka alternativt reducera ventilationsflödet, genom justering av börvärdet för temperaturen. Undertrycket skulle justeras vid behov för att erhålla rekommenderade luftrörelser i stallen.

Ungefär en vecka innan det första provtagningstillfället gjordes en genomgång av försöksstallet A2 för injusteringar och åtgärder enligt punktlistan under omgångsrutiner i avsnittet "Rutiner ventilationsanläggning" i den utformade Checklistan (se bilaga 10). Punktlistan för dagliga rutiner följdes därefter under försöksperioden. Under perioderna mellan provtagningstillfällena, utom vid de två första provtagningarna i A-stallen, sköttes den dagliga kontrollen och justeringen av ventilationen enligt checklistan i försöksstallen av stallpersonalen. Kontrollstallen A1 och B1 sköttes enligt besättningens ordinarie rutiner under hela provtagningsperioden.

Inför första provtagningen i B-stallen fanns stora problem med ventilationen och luftkvalitén i båda stallen. Tillsammans med stallpersonal och Sivert Johansson fattades beslutet att åtgärder enligt Checklistan (se bilaga 10) skulle vidtas i båda stallen. Spjäll och undertryck justerades och samma börvärde för temperaturen ställdes in (19,5 °C).

### ***Genomförda omgångsrutiner***

I försöksstall A2 kalibrerades undertrycksmätaren, damm avlägsnades från samtliga tilluftsdon innan justeringar av tilluftsdonöppningar och undertryck gjordes. I ett försök att hålla en högre ventilationsgrad i stall A2 sattes börvärdet för stalltemperaturen till 19 °C medan börvärdet i stall A1 förblev 20 °C. Gummidukarna i gödselkulverten kontrollerades i stall A2 samt i båda B-stallen.

### ***Ströbädd***

I A-stallen var skillnaden i hönsens ålder 44 veckor och skillnaden i ströbäddstjocklek mellan de två stallen var vid tillfället för de inledande åtgärderna stor. För att ge likartade förutsättningar i de båda stallen avlägsnades därför ströbädden dag fyra respektive dag fem innan den första provtagningen. På grund av systemets utformning kunde inte ströbädden avlägsnas under inredningssystemet utan denna lämnades intakt och spreds ut över resten av stallet tack vare hönsens aktivitet. Trots att golvtemperaturen ej höll rekommenderad temperatur på 20 °C (se bilaga 10) fördelades sex balar Easy strö ut i ett tunt lager i stall A2 för att underlätta etableringen av ströbädden. I stall B1 och B2 lämnades ströbädden intakt med hänsyn till ströbäddsetableringen efter insättning och för möjlighet till provtagning av ströbädden.

## **Provtagning och analys**

### ***Datainsamling***

Data samlades in från samtliga stall genom stickprovsmätningar samt långtidsregistreringar. Provtagningar gjordes med minst en veckas mellanrum för att kunna se effekten av ventilationsjusteringarna. Provtagningstillfällena i de olika stalltyperna fick anpassas efter insättning och utslakt av hönsen. Av denna anledning genomfördes provtagningen i A-stallen vid två tillfällen i januari samt vid två tillfällen i februari. Mätningar i B-stallen genomfördes vid fyra tillfällen i mars. För att kunna jämföra stallklimat och luftkvalitet mellan olika utomhusförhållanden gjordes återbesök för provtagning under maj månad. På grund av omgångstiderna för insättning/utslakt togs endast uppföljande prover i maj i B-stallen. Beslut fattades att samtliga prover skulle tas på morgonen. Mätningarna i stallen kunde av praktiska skäl inte genomföras simultant. Provtagningarna inleddes vid samtliga tillfällen i försöksstallen (A2 och B2) och provtagningarna i kontrollstallen (A1 och B1) inleddes ca 2 timmar efter första provtagningen i försöksstallen. Datum och hönsens ålder vid respektive provtagningstillfälle kan ses i tabell 1.

Tabell 1. Datum för provtagning i stallen samt hönsens ålder vid respektive provtagningstillfälle.

Stall	Provtillfälle	Datum	Ålder (v)	Stall	Provtillfälle	Datum	Ålder (v)
A1	1	2013-01-13	68	B1	1	2013-03-02	31
A2	1	2013-01-13	44	B2	1	2013-03-02	22
A1	2	2013-01-19	69	B1	2	2013-03-06	32
A2	2	2013-01-19	45	B2	2	2013-03-06	23
A1	3	2013-02-18	74	B1	3	2013-03-13	33
A2	3	2013-02-18	50	B2	3	2013-03-13	24
A1	4	2013-02-25	75	B1	4	2013-03-17	33
A2	4	2013-02-25	51	B2	4	2013-03-17	24
				B1	5	2013-05-14	42
				B2	5	2013-05-14	33

Under perioden 9 januari till 13 mars fanns två Tinytags monterade i varje A-stall för långtidsregistrering av temperatur och relativ fuktighet. Placeringen av Tinytags kan ses i bilaga 4 - figur 27 och bilaga 7 - figur 31. Motsvarande registreringsperiod för B-stallen var 18 januari till 30 mars samt 13 maj till 15 maj.

Tabell 2. Mätningar i stalltyp A inom varje sektion (mätplats) samt i en frånluftsfläkt.

A-stall							
Mätplats	6	12	18	24	30	36	Frånluft
Temperatur	x	x	x	x	x	x	x
Relativ luftfuktighet	x	x	x	x	x	x	
Lufthastighet	x	x	x	x	x	x	
Koldioxid	x	x	x	x	x	x	x
Ammoniak					x		x
Golvtemperatur		x		x		x	
Ströbäddstjocklek		x		x		x	
Ströbäddsprov		x		x		x	

Tabell 3. Mätningar i stalltyp B inom varje sektion (mätplats) samt i en frånluftsfläkt.

B-stall							
Mätplats	5	10	15	20	25	30	Frånluft
Temperatur	x	x	x	x	x	x	x
Relativ luftfuktighet	x	x	x	x	x	x	
Lufthastighet	x	x	x	x	x	x	
Koldioxid	x	x	x	x	x	x	x
Ammoniak					x		x
Golvtemperatur		x		x		x	
Ströbäddstjocklek		x		x		x	
Ströbäddsprov		x		x		x	

Innan provtagning inleddes noterades den aktuella ventilationsprocenten i stallet (det aktuella ventilationsflödet i % av det maximala). Stickprovsmätningar av temperatur, relativ luftfuktighet, koldioxid och lufthastighet gjordes i tre gånger per sektion i totalt sex sektioner per stall (se bilaga 2 - figur 24 samt bilaga 5 - figur 28). Samtliga

mätningar gjordes över ströbädden i djurnivå. Mätning av lufthastighet baserades på det högsta uppmätta värdet i sektionen. Stickprovsmätning av ammoniak togs i tre gånger i en sektion per stall. Fördelningen av proverna kan ses i tabell 2 och tabell 3. Stickprovsmätningar av ammoniak, koldioxid och temperatur gjordes även i en frånluftsfläkt vid varje provtagningstillfälle. I samma frånluftsfläkt monterades långtidsverkande ammoniakrör upp vid varje provtagningstillfälle för registrering under ett dygn. Frånluftsfläktarna för provtagning finns utmarkerade i bilaga 4 - figur 27 och bilaga 7 - figur 31.

Ströbäddsprover insamlades i ett gemensamt prov från tre sektioner per stall, totalt nio platser. Sektionerna för provtagning i de olika stallen kan ses i bilaga 3 - figur 26 och bilaga 6 - figur 30, och inom varje sektion i bilaga 2 - figur 25 och bilaga 5 - figur 29. I samband med insamling av proverna mättes ströbäddsdjupet på de olika insamlingsplatserna samt golvtemperaturen under ströbädden. Proverna insamlades i slutet av dagen, vägdes och placerades därefter i en frys för förvaring fram till analys. Ströbäddsproverna torkades därefter i torkskåp vid en temperatur av 105 °C grader under 48 timmar eller tills det att viktförändring upphört. Torrsubstanshalten i ströbädden beräknades utifrån viktsdifferensen mellan det torkade och det färska provet.

#### *Mätutrustning - specifikation*

- Stickprovsmätningar av temperatur och lufthastighet gjordes med hjälp av en termoanemometer (Compuflow Thermo-anemometer GGA-65P).
- Stickprovsmätningar av relativ luftfuktighet gjordes med hjälp av en slungpsykrometer (Zeal, Whirling hygrometers P2528).
- Stickprovsmätningar av koldioxid gjordes med hjälp av en digital koldioxidmätare (TSI, IAQ-Calc 7515).
- Stickprovsmätningar av ammoniak gjordes med hjälp av manuell kitagawapump (AP-20) och reagensrör (Kitagawa precision gas detector tubes 105SC) med en detektionsgräns på 5-260 ppm.
- Långtidsregistrering av ammoniak under ett dygn gjordes med hjälp av passiva diffusionsrör (Dräger 20/a-D 8101301, 20-1500 ppm).
- Långtidsregistrering av relativ luftfuktighet och temperatur gjordes med hjälp av Tinytags (Tinytag Plus 2, TGP 4500) (Tinytag Plus, TG12-0017).
- Golvtemperatur vid ströbäddsprovstagning mättes med hjälp av en digitaltermometer (Typ T, Pentronic Sweden).

Dagen efter provtagning sammanställdes produktionsdata från provtagningstillfället för att kunna analysera samband med de insamlade mätvärdena för stallklimatet och luftkvalitén. De insamlade produktionsparametrarna var;

- Foderförbrukning, g/höna
- Vattenförbrukning, ml/höna
- Genomsnittlig äggvikt, g
- Värpprocent per kvarvarande höns, %
- Antal döda höns, st

## *Analys av data*

### *Jämförelser*

För samtliga undersökta luftkvalitetsparametrar gjordes jämförelser mellan stallen samt jämförelse av sektioner och gångar. De jämförande analyserna gjordes med hjälp av ANOVA- GLM i Minitab 16.0. Analyserna mellan stallen gjordes genom att jämföra samtliga insamlade värden, exempelvis jämfördes alla temperaturobservationer i stall A1 med alla temperaturobservationer i stall A2. Jämförelsen mellan provtagningsdatumen gjordes genom att jämföra samtliga insamlade värden för varje provtagningsdatum inom varje stall. Vid provtagningen den 19 januari uppmättes koldioxidnivåer i A-stallen som var högre än mätinstrumentet kunde registrera ( $>5000$  ppm) av denna anledning baserades data från den provtagningen på färre observationer. Jämförelse av utomhustemperaturen mellan de olika provtagningsstillfällena baserades på data från hela dygnet. Analyserna av gångar och sektioner gjordes genom jämförelse av samtliga insamlade värden, från alla provtagningsstillfällen, från varje sektion respektive gång. Vid jämförelse mellan gångar och sektioner i A-stallen inkluderades inga mätvärden av koldioxid från den 19 januari för att undvika missvisande resultat. Eftersom de individuella stallen inom varje stalltyp uppvisade samma mönster vid jämförelsen av gångar och sektioner redovisades endast resultaten för varje stalltyp.

Vid jämförelserna användes en 0,05 % signifikansnivå och parvisa jämförelser justerades med Tukeys metod. Analyserna gjordes för att undersöka om några signifikanta skillnader kunde noteras gällande de olika undersökta parametrarna mellan försöksstall och kontrollstall samt för att notera om vissa delar av stallen uppvisade avvikande värden. Även jämförelse mellan datum genomfördes för att se om värdena skiljde sig åt mellan de olika provtagningsstillfällena och om både kontrollstall samt försöksstall uppvisade samma eventuella avvikelser.

### *Samband*

För att utröna om några samband kunde återfinnas mellan de olika luftkvalitetsparametrarna gjordes en korrelationsanalys i Minitab, där Pearsons korrelationskoefficient användes. Utifrån de parametrar som visade på signifikant ( $p < 0,05$ ) korrelation med en korrelationskoefficient på mindre än -0,6 eller större än 0,6 gjordes vidare analys med hjälp av regression i Minitab GLM. Samma analys gjordes även för att undersöka om några samband kunde återfinnas mellan luftkvalitetsparametrar och produktionsparametrar. Eftersom de insamlade värdena inom stall under provtagningsstillfället inte var oberoende av varandra gjordes analyserna på medelvärdena för varje provtagningsstillfälle. De flesta av de undersökta parametrarna hade dessutom ett samband sinsemellan och analysen koncentrerades därför till att undersöka sambandet mellan två variabler åt gången. Den insamlade datan analyserades separat inom varje enskilt stall och även totalt för båda stallen tillsammans, analysen inom stall visade inte på några större avvikelser varför endast resultatet för det totala sambandet, för båda stallen, redovisas i resultatdelen. Vid analys av samband inkluderades de uppmätta koldioxidvärdena från den 19 januari i A-stallen. Vid analys av samband mellan utomhusklimat och stallklimat baseras de genomsnittliga värdena av utomhustemperatur och den relativa luftfuktigheten utomhus på data som insamlats under provtagningsstiden i respektive stall. Data för ventilationsprocent (aktuella

ventilationsflödet i % av det maximala) baseras på den aktuella ventilationsprocenten vid tidpunkten för inledandet av provtagning i respektive stall.

För de körningar som uppvisade signifikans ( $p < 0,05$ ) gjordes en regressionsanalys i Microsoft Excel där förklarandegrad ( $R^2$ ) för sambandet totalt sett erhöles.



## RESULTAT

Under januari hade stall A1 genomsnittligt högre stalltemperatur och genomsnittligt lägre relativ luftfuktighet jämfört med stall A2. Under februari var det istället stall A2 som hade högre genomsnittlig stalltemperatur och lägre genomsnittlig relativ luftfuktighet. Vid samtliga provtagningstillfällen uppmättes de genomsnittligt högsta koldioxidnivåerna i stall A1. Resultaten framgår i tabell 4.

Den genomsnittliga golvtemperaturen, ströbäddstjockleken och torrsubstanshalten var högre i stall A2 vid majoriteten av mättillfällena. Under januari skiljde sig inte de genomsnittliga ammoniaknivåerna märkbart mellan stallen medan det under februari var något högre ammoniaknivåer i stall A2 (se tabell 4).

Tabell 4. Medelvärden över uppmätta stickprovsvärden i stalltyp A.

	Provtillfälle 1		Provtillfälle 2		Provtillfälle 3		Provtillfälle 4	
Parameter	2013-01-13		2013-01-19		2013-02-18		2013-02-25	
	Stall A1	Stall A2	Stall A1	Stall A2	Stall A1	Stall A2	Stall A1	Stall A2
Utomhustemperatur, °C	-5,9	-6,0	-17,4	-21,4	0,5	-1,8	0,8	-3,4
RF utomhus, %	90	93	81	75	100	100	88	100
Stalltemperatur, °C	20,2	19,3	18,9	18,3	19,7	20,2	19,1	19,6
RF stall, %	77	80	85	89	76	73	77	74
Lufthastighet, m/s	0,23	0,17	0,26	0,17	0,25	0,19	0,20	0,19
Koldioxid, ppm	3220	3050	4140*	4100*	3300	3070	3440	3220
Ammoniak, ppm	23	22	22	22	13	15	16	19
Golvtemperatur, °C	18,4	16,7	18,0	19,7	16,3	17,7	16,3	16,5
Ströbäddstjocklek, cm	3,4	2,6	3,0	4,1	3,6	2,5	4,1	3,5
TS-halt i ströbädd, %	68,8	71,0	66,7	60,6	73,6	75,0	60,7	75,8

\*Genomsnittsvärdet för koldioxid baserades i stall A1 på två uppmätta värden och i stall A2 på sex uppmätta värden då resterande värden överskred mätinstrumentets mätområde (>5000 ppm).

Den genomsnittliga stalltemperaturen och de genomsnittliga koldioxidnivåerna var högre i stall B1 vid samtliga provtagningstillfällen i mars. Stall B2 hade en genomsnittligt högre stalltemperatur vid provtagningen i maj och även de genomsnittliga koldioxidnivåerna var då högre jämfört med i stall B1. Resultaten framgår i tabell 5.

Den genomsnittliga relativa luftfuktigheten och de genomsnittliga ammoniaknivåerna var lägre i stall B1 vid samtliga provtagningstillfällen. Den genomsnittliga lufthastigheten var ungefär densamma i båda B-stallen vid majoriteten av provtagningstillfällena. Den genomsnittliga golvtemperaturen, ströbäddstjockleken och torrsubstanshalten i ströbädden var högre i stall B1 vid majoriteten av provtagningstillfällena (se tabell 5).

Tabell 5. Medelvärden över uppmätta sticksprovsvärden i stalltyp B.

Parameter	Provtillfälle 1		Provtillfälle 2		Provtillfälle 3		Provtillfälle 4		Provtillfälle 5	
	2013-03-02		2013-03-06		2013-03-13		2013-03-17		2013-05-14	
	Stall B1	Stall B2	Stall B1	Stall B2	Stall B1	Stall B2	Stall B1	Stall B2	Stall B1	Stall B2
Utomhustemperatur, °C	-0,5	-2,7	4,3	-0,7	-4,1	-7,3	0,7	-5,1	10,9	8,2
RF utomhus, %	89	86	62	99	55	68	63	75	59	76
Stalltemperatur, °C	21,2	16,5	19,9	17,0	18,0	16,5	19,2	17,9	20,7	21,6
RF stall, %	72	73	67	74	72	76	70	75	59	65
Lufthastighet, m/s	0,30	0,30	0,24	0,28	0,28	0,27	0,31	0,31	0,30	0,26
Koldioxid, ppm	4870	3210	3810	2930	5010 *	4210	4800	4750	3390	3720
Ammoniak, ppm	13	17	10	13	10	19	10	28	1	2
Golvtemperatur, °C	17,8	15,4	17,0	16,2	15,6	15,3	15,4	16,1	17,4	18,3
Ströbäddstjocklek, cm	1,7	1,3	2,1	1,7	2,6	2,4	2,7	2,7	2,7	4,2
TS-halt i ströbädd, %	72,5	67,0	74,6	66,9	75,5	67,7	76,1	66,1	85,3	80,2

\* Genomsnittsvärdet baserades i stall B1 på 17 uppmätta värden då ett värde överskred mätinstrumentets mätområde (>5000 ppm).

## Jämförelser av luftkvalitetsparametrar inom stalltyp A

Den genomsnittliga utomhustemperaturen skiljde sig mellan samtliga provtagnings-tillfällen i A-stallen ( $p < 0,05$ ). Den genomsnittligt lägsta temperaturen uppmättes den 19 januari då den var -17 °C och den genomsnittligt högsta temperaturen den 18 februari då den var -1,0 °C (se tabell 6).

Tabell 6. Jämförelse av utomhustemperatur (°C) mellan de olika provtagningsdatumen i A-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-01-13	144	-6,7	-10,9	-4,5	C
2013-01-19	144	-17,0	-21,6	-12,0	D
2013-02-18	144	-1,0	-2,7	1,6	A
2013-02-25	144	-2,1	-8,8	5,4	B

### Stalltemperatur

Den genomsnittliga stalltemperaturen i stall A1 var 19,4 °C vilket inte skiljde sig från stall A2 där den genomsnittliga temperaturen var 19,3 °C ( $p < 0,05$ ).

Jämförelse av stalltemperaturen mellan provtagningsdatumen i stall A1 visade inte på några skillnader. I stall A2 var den genomsnittliga stalltemperaturen den 19 januari 18,3 °C (då den genomsnittligt lägsta utomhustemperaturen uppmättes, -17,0 °C) vilket var lägre jämfört med provtagningsarna i februari ( $p < 0,05$ ) (se tabell 7a).

Vid jämförelse mellan sektionerna (se tabell 7b), noterades att den genomsnittliga temperaturen i sektion 30 och 36, belägna närmast utgödslingen, var lägre jämfört med i sektion 6 till 18, belägna närmast ingången och centralt i stallen ( $p < 0,05$ ). Även

jämförelsen mellan gångarna (se tabell 7c) visade på skillnader. Den genomsnittliga temperaturen i gång 1, belägen närmast ytterväggen, var lägre jämfört med gång 2, belägen mitt emellan yttervägg och hjärtväggen gränsande till andra A-stallet ( $p<0,05$ ).

Tabell 7. Jämförelse av stalltemperatur (°C) mellan a) de olika provtagningsdatumen i stall A2, b) mellan sektionerna totalt sett i A-stallen och c) mellan gångarna totalt sett i A-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p<0,05$ ).

a)

Stall A2						
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering	
2013-01-13	18	19,3	16,7	21,7	A	B
2013-01-19	18	18,3	15,6	21,6		B
2013-02-18	18	20,2	19,1	21,3	A	
2013-02-25	18	19,6	18,3	20,5	A	

b)

Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering	
6	23	20,1	18	20,1	A	
12	24	20,4	18,4	20,4	A	
18	24	20,2	17,6	20,2	A	
24	24	19,5	17,5	19,5	A	B
30	24	18,7	16,7	18,7		B
36	24	17,5	14,2	17,5		C

c)

Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering	
1	48	18,9	14,2	22,4		B
2	48	19,7	15,7	22,7	A	
3	47	19,6	15,6	22,4	A	B

### ***Koldioxid***

Den genomsnittliga koldioxidnivån i kontrollstall A1 var 3320 ppm vilket var högre jämfört med i stall A2 där den genomsnittliga nivån var 3110 ppm (se tabell 8a).

I stall A1 var den genomsnittliga koldioxidnivån den 19 januari (då den genomsnittligt lägsta utomhustemperaturen uppmättes, -17,0 °C) högre jämfört med den 13 januari och 18 februari ( $p<0,05$ ) (-6,7 respektive -1,0 °C utomhus) (se tabell 8b). I stall A2 var den genomsnittliga koldioxidnivån den 19 januari högre jämfört med de andra provtagningsdatumen ( $p<0,05$ ) (se tabell 8c).

Vid jämförelse mellan sektionerna (se tabell 8d), noterades att den genomsnittliga koldioxidnivån i sektion 36, belägen närmast utgödslingen, var lägre jämfört med sektion 12, 18 och 24, belägna centralt i stallen ( $p<0,05$ ). Jämförelsen av gångarna visade att gång 3, belägen närmast hjärtväggen hade lägre koldioxidnivå jämfört med gång 1, belägen närmast ytterväggen, och gång 2, belägen i mitten av stallen ( $p<0,05$ ) (se tabell 8e).

Tabell 8. Jämförelse av koldioxidnivå (ppm) totalt sett mellan a) stall A1 och A2, b) mellan de olika provtagningsdatumen i stall A1, c) mellan de olika provtagningsdatumen i stall A2 d) mellan sektioner totalt sett i A-stallen och e) mellan gångarna totalt sett i A-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
A1	54	3320	2430	4110	A
A2	54	3110	1970	4050	B

b)

Stall A1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-01-13	18	3220	3430	3840	B
2013-01-19	2	4140	4060	4210	A
2013-02-18	18	3300	2640	3870	B
2013-02-25	18	3440	2890	4110	A B

c)

Stall A2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-01-13	18	3050	1970	4050	B
2013-01-19	6	4100	3530	4400	A
2013-02-18	18	3070	2220	3750	B
2013-02-25	18	3320	2440	3710	B

d)

Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering
6	18	3180	2520	4050	A B
12	18	3430	2490	4040	A
18	18	3430	2750	4110	A
24	18	3330	2490	3920	A
30	18	3120	2210	3690	A B
36	18	2800	1970	3870	B

e)

Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering
1	36	3340	2780	4110	A
2	36	3300	1970	4050	A
3	36	3010	2060	3840	B

### ***Lufthastighet***

Den genomsnittliga lufthastigheten i stall A1 var 0,24 m/s vilket var högre jämfört med stall A2 där den genomsnittliga lufthastigheten var 0,18 m/s ( $p < 0,05$ ) (se tabell 9a).

Jämförelsen av lufthastighet mellan de olika provtagningsdatumen visade inte på några skillnader inom stallen. Inte heller noterades några skillnader mellan gångarna i stallen. Vid jämförelse av sektionerna (se tabell 9b), noterades däremot att sektion 6 och 12 belägna närmast ingången till stallen och sektion 36 belägen närmast utgödslingen hade lägre lufthastigheter i jämfört med sektion 30 ( $p < 0,05$ ).

Tabell 9. Jämförelse av lufthastighet (m/s) totalt sett mellan a) stall A1 och A2 och b) mellan sektioner i A-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
A1	72	0,24	0,11	0,61	A
A2	72	0,18	0,07	0,30	B

b)

Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering
6	24	0,16	0,07	0,16	B
12	24	0,20	0,13	0,20	B
18	24	0,21	0,12	0,21	A B
24	24	0,22	0,13	0,22	A B
30	24	0,26	0,13	0,26	A
36	24	0,20	0,13	0,20	B

### ***Relativ luftfuktighet***

Den genomsnittliga nivån av relativ luftfuktighet i stall A1 var 79 % vilket även var den genomsnittliga nivån i stall A2.

I stall A1 var den genomsnittliga relativa luftfuktigheten den 19 januari (då den genomsnittligt lägsta utomhustemperaturen uppmättes,  $-17,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 85 % vilket var högre än de övriga provtagningsdatumen då den genomsnittliga relativa luftfuktigheten låg mellan 76 % och 77 % ( $-1,0$  till  $-6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  utomhus) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 10a). I stall A2 var den genomsnittliga relativa luftfuktigheten den 19 januari 89 % vilket var högre jämfört med de övriga provtagningsdatumen. Vid provtagningarna i februari låg den relativa luftfuktigheten på 73 % respektive 74 % vilket var lägre än vid provtagningarna i januari ( $p < 0,05$ ) (se tabell 10b).

Vid jämförelse mellan sektionerna noterades att den genomsnittliga relativa luftfuktigheten i sektion 6 (som hade den genomsnittligt högsta stalltemperaturen), belägen närmast stallingången, var lägre jämfört med sektion 30 och 36 (som hade de genomsnittligt lägsta stalltemperaturerna), belägna närmast utgödslingen ( $p < 0,05$ ) (se tabell 10c). Jämförelsen mellan gångarna visade inte på några skillnader.

Tabell 10. Jämförelse av den relativa luftfuktigheten (%) mellan a) de olika provtagningsdatumen i stall A1, b) mellan de olika provtagningsdatumen i stall A2 och c) mellan sektioner totalt sett i A-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Stall A1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-01-13	18	77	65	89	B
2013-01-19	18	85	72	100	A
2013-02-18	18	76	65	82	B
2013-02-25	18	77	71	81	B

b)

Stall A2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-01-13	18	80	73	90	B
2013-01-19	18	89	79	100	A
2013-02-18	18	73	64	81	C
2013-02-25	18	74	71	80	C

c)

Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering
6	24	74	65	74	B
12	24	77	64	77	A B
18	24	78	64	78	A B
24	24	80	72	80	A B
30	24	81	71	81	A
36	24	83	71	83	A

### Golvtemperatur

Den genomsnittliga golvtemperaturen i stall A1 var 17,3 °C vilket inte skiljde sig från stall A2 där den genomsnittliga golvtemperaturen var 17,7 °C.

Inga skillnader noterades mellan provtagningarna inom stall A1. I stall A2 var den genomsnittliga golvtemperaturen den 19 januari (då den genomsnittligt lägsta utomhustemperaturen uppmättes, -17,0 °C) 19,7 °C vilket var högre jämfört med den 13 januari och den 25 februari (- 6,7 respektive - 2,1°C utomhus) då golvtemperaturen var 16,7 °C respektive 16,5 °C ( $p < 0,05$ ) (se tabell 11a).

Golvtemperaturen skiljde sig mellan samtliga sektioner ( $p < 0,05$ ) (se tabell 11b). Sektion 12 (genomsnittlig koldioxidnivå 3430 ppm, genomsnittlig stalltemperatur 20,4 °C) belägen närmast ingången till stallet, hade den högsta genomsnittliga golvtemperatur och sektion 36 (genomsnittlig koldioxidnivå 2800 ppm, genomsnittlig stalltemperatur 17,5 °C), belägen närmast utgödslingen, den lägsta ( $p < 0,05$ ). Jämförelsen av gångarna (se tabell 11c) visade att gång 3, belägen närmast hjärtväggen, hade högre golvtemperatur jämfört med gång 1 och 2, belägna närmast ytterväggen respektive i mitten av stallet ( $p < 0,05$ ).

Tabell 11. Jämförelse av golvtemperatur (°C) mellan a) de olika provtagningsdatumen i stall A2, b) mellan sektioner totalt sett i stall A1 och A2 och c) mellan gångar totalt sett i stall A1 och A2. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Stall A2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-02-13	9	16,7	13,6	19,2	B
2013-01-19	9	19,7	16,5	22,8	A
2013-02-18	9	17,7	15,1	19,4	A B
2013-02-25	9	16,5	14,8	18,1	B

b)

Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering
12	24	19,0	15,8	23,2	A
24	24	17,8	15,4	21,5	B
36	24	15,6	12,1	18,3	C

c)

Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering
1	24	16,6	12,1	22,4	B
2	24	17,3	13,1	20,5	B
3	24	18,5	15,6	23,2	A

### *Ströbäddens torrsubstanshalt*

Ströbäddens torrsubstanshalt i stall A1 var i genomsnitt 67,5 % vilket inte skiljde sig från i stall A2 där torrsubstanshalten i genomsnitt var 70,6 %. Inte heller noterades några skillnader vid jämförelse mellan de olika provtagningsdatumen, jämförelser inom stall var ej möjlig på grund av för få observationer.

### *Ammoniak i djurnivå*

Den genomsnittliga nivån av ammoniak i djurnivå var i stall A1 18,7 ppm vilket inte skiljde sig från stall A2 där den genomsnittliga nivån var 19,3 ppm.

Inga skillnader noterades mellan provtagningsdatumen inom något av stallen. Vid jämförelse mellan gångar (se tabell 12) noterades dock att den genomsnittliga ammoniaknivån i gång 3, belägen närmast hjärtväggen, var högre jämfört gång 1, belägen närmast ytterväggen ( $p < 0,05$ ).

Tabell 12. Jämförelse av ammoniaknivån i djurnivå (ppm) mellan gångar totalt sett i A-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

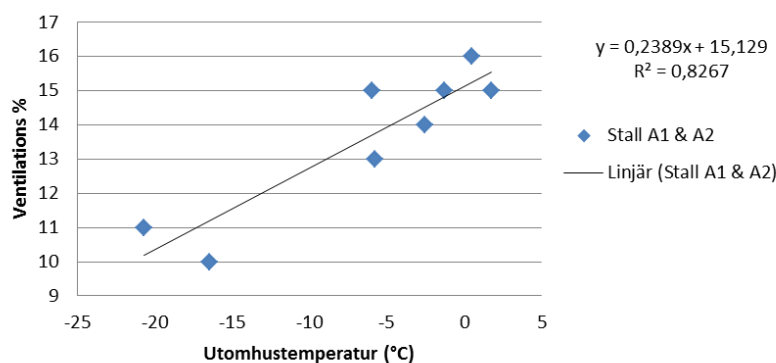
Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering
1	8	16	10	20	B
2	8	18	10	25	A B
3	8	23	19	30	A

## Samband mellan luftkvalitetsparametrar i stalltyp A

Då utomhustemperaturen sjönk under  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  sänktes temperaturen i stallet och ventilationsprocenten samtidigt som koldioxidhalten, den relativa fuktigheten och dygns-genomsnittet av ammoniak ökade ( $p < 0,05$ ).

### Ventilationsprocent

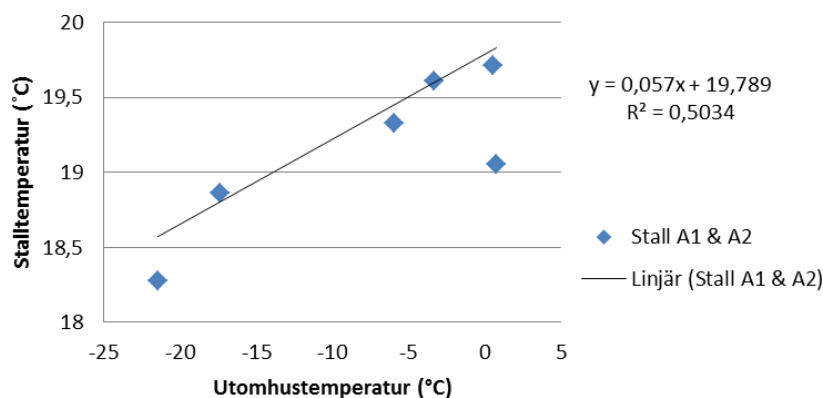
I A-stallen uppvisade ventilationsprocenten (det aktuella ventilationsflödet i % av det maximala ventilationsflödet) samband med utomhustemperaturen där ventilationsflödet reducerades i takt med att utomhustemperaturen sjönk. Sambandet hade en stark, positiv korrelation ( $r > 0,80$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i utomhustemperatur förklarade variationen i ventilationsprocent till 83 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 5).



Figur 5. Samband mellan ventilationsprocent och utomhustemperatur i A-stallen.

### Stalltemperatur

Stalltemperaturen uppvisade samband med utomhustemperaturen där stalltemperaturen reducerades i takt med att utomhustemperaturen sjönk. Sambandet hade en medelstark, positiv korrelation ( $0,60 < r < 0,80$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i utomhustemperatur förklarade variationen i stalltemperatur till 50 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 6).



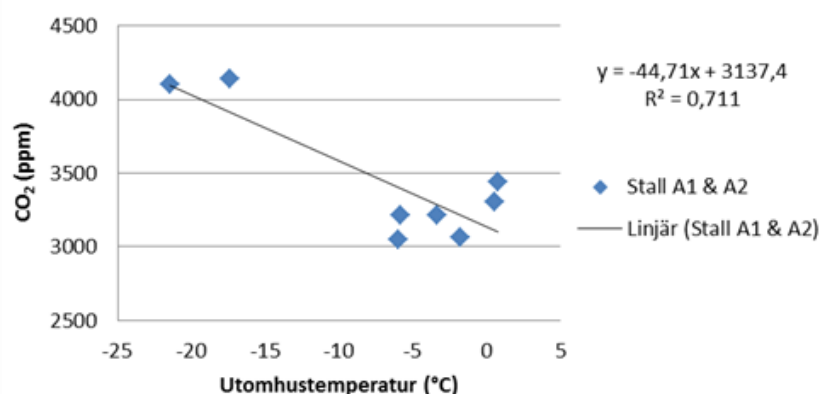
Figur 6. Samband mellan stalltemperatur och utomhustemperatur för samtliga genomsnittsvärden i A-stallen.



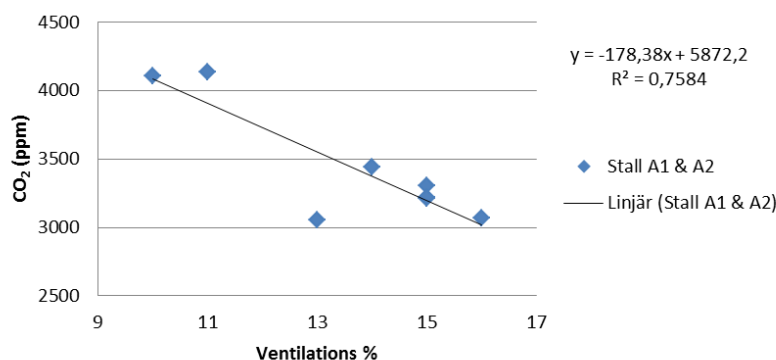
### Koldioxid

I A-stallen uppvisade koldioxidnivåerna ett samband med utomhustemperaturen och ventilationsprocenten där koldioxidnivåerna steg i takt med att utomhustemperaturen och ventilationsprocenten sjönk. Sambanden hade en stark, negativ korrelation ( $r < -0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i koldioxid till 71 % förklarades av variationen i utomhustemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 7a) och till 79 % av variationen i ventilationsprocent ( $p < 0,05$ ) (se figur 7b).

a)



b)

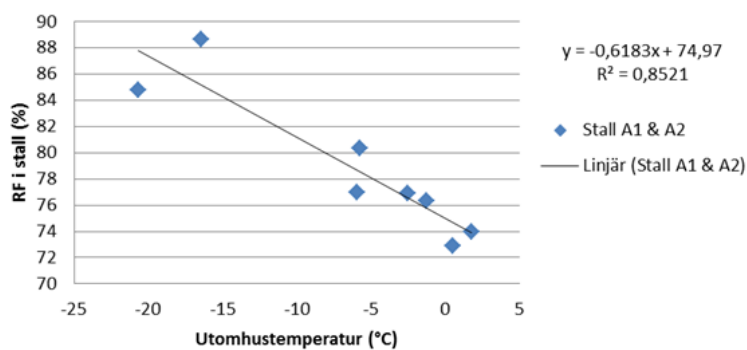


Figur 7. Samband mellan koldioxidnivån i stallet och a) utomhustemperatur samt b) ventilationsprocent för samtliga genomsnittsvärden i A-stallen.

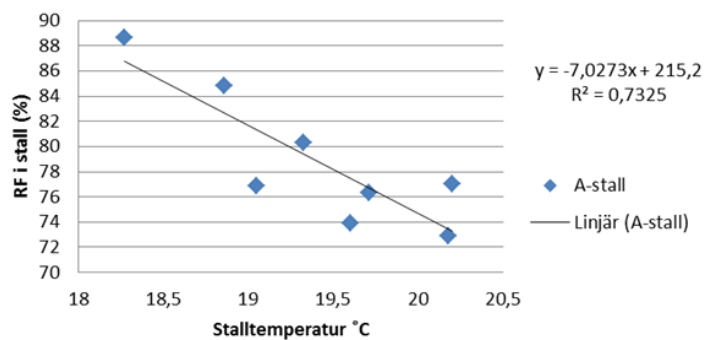
### Relativ luftfuktighet i stall

Den relativa luftfuktigheten i A-stallen uppvisade ett samband med utomhustemperaturen, stalltemperaturen, ventilationsprocenten och koldioxidnivåerna där den relativa luftfuktigheten ökade i takt med att utomhustemperaturen, stalltemperaturen och ventilationsprocenten sjönk samt koldioxidnivåerna ökade. Sambandet till utomhustemperaturen, stalltemperaturen och ventilationsprocenten hade en stark, negativ korrelation ( $r < -0,80$ ) ( $p > 0,05$ ) där variationen i relativ luftfuktighet till 84 % förklarades av variationen i utomhustemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 8a), till 73 % av variationen i stalltemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 8b) och till 96 % av variationen i ventilationsprocent ( $p < 0,05$ ) (se figur 8c). Sambandet med koldioxidnivån i stallet hade stark, positiv korrelation ( $r > 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i koldioxid förklarade variationen av relativ luftfuktighet till 73 % totalt sett ( $p < 0,05$ ) (se figur 8d).

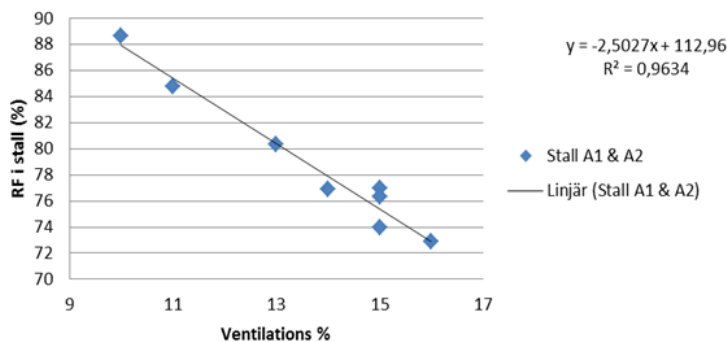
a)



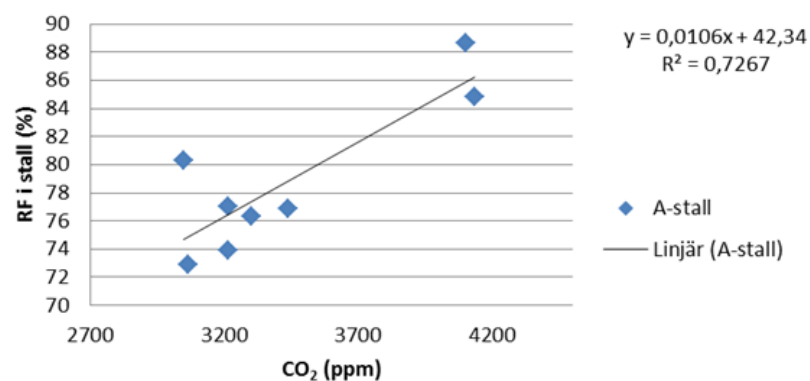
b)



c)



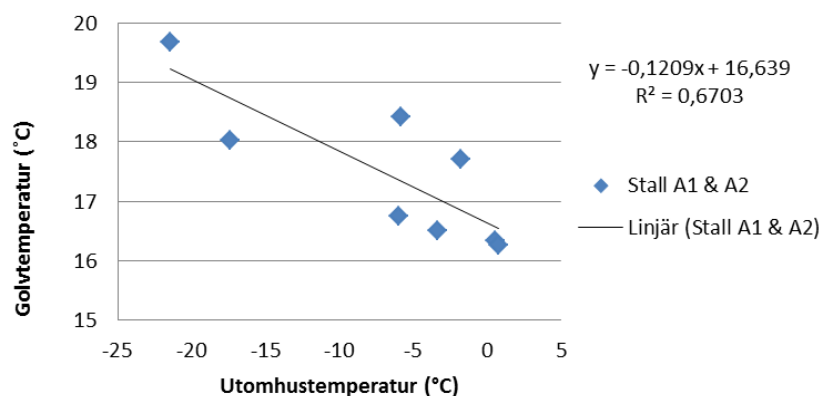
d)



Figur 8. Samband mellan stallens relativa luftfuktighet och a) utomhustemperatur, b) stalltemperatur, c) ventilationsprocent samt d) koldioxidnivå för samtliga genomsnittsvärden i A-stallen.

### ***Golvtemperatur***

Golvtemperaturen visade på samband med utomhustemperaturen där golvtemperaturen förvånande nog ökade i takt med att utomhustemperaturen sjönk. Sambandet hade en stark, negativ korrelation ( $r < -0,80$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i golvtemperatur till 67 % förklarades av variationen i utomhustemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 9).



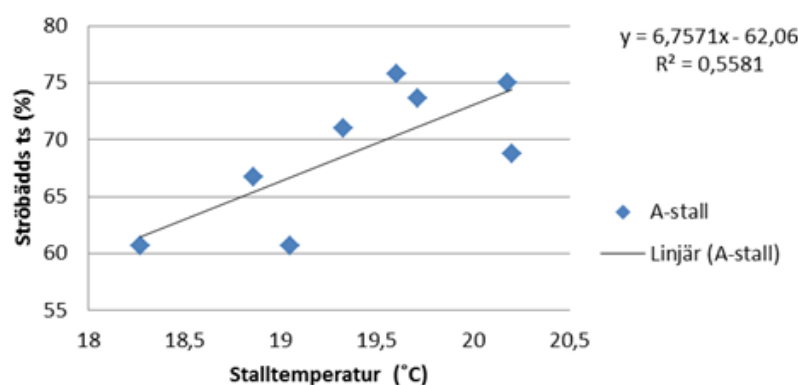
Figur 9. Samband mellan golvtemperaturen och utomhustemperaturen för samtliga genomsnittsvärden i A-stallen.

### ***Ströbäddens torrsubstanshalt***

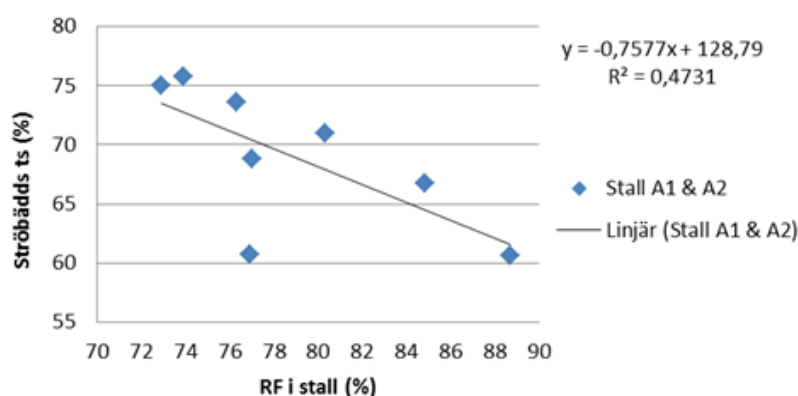
Ströbäddens torrsubstanshalt påvisade samband med stalltemperatur och den relativa luftfuktigheten i stallet där torrsubstanshalten minskade med en sjunkande stalltemperatur och stigande relativ luftfuktighet.

Sambanden till stalltemperaturen hade en medelstark positiv korrelation ( $0,6 < r < 0,80$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i ströbäddens torrsubstanshalt till 56 % förklarades av variationen i stalltemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 10a). Sambandet till den relativa luftfuktigheten hade en medelstark, negativ korrelation ( $p < 0,1$ ) ( $0,6 < r < 0,80$ ) där variationen i torrsubstanshalt till 47 % förklarades av variationen i den relativa luftfuktigheten ( $p < 0,1$ ) (se figur 10b).

a)



b)



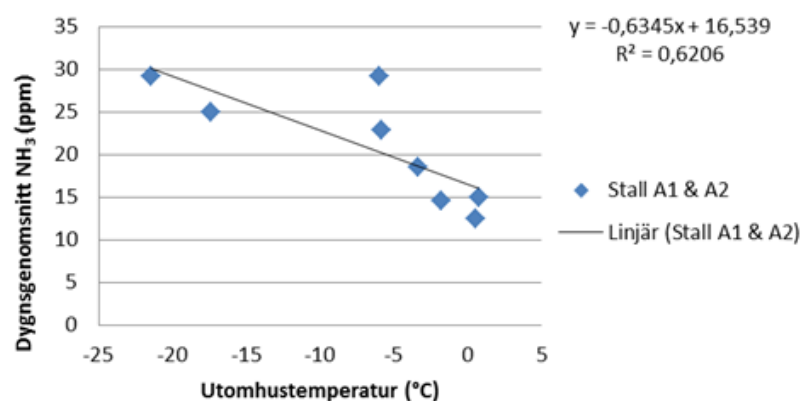
Figur 10. Samband mellan torrsubstanshalten i ströbädden och a) stalltemperaturen samt b) den relativa luftfuktigheten i stallen för samtliga genomsnittsvärden i A-stallen.

### Ammoniak

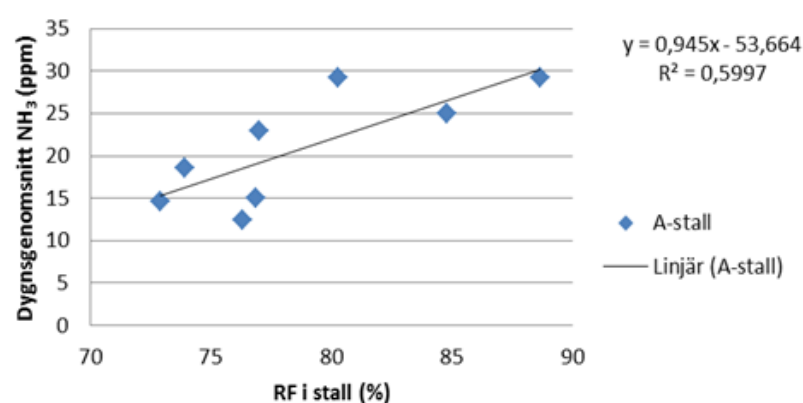
Dygnsgenomsnittet av ammoniak visade på samband med utomhustemperaturen och den relativa luftfuktigheten i stallen där dygnsgenomsnittet av ammoniak ökade med sjunkande utomhustemperatur och stigande relativ luftfuktighet i stallet.

Sambandet till utomhustemperaturen hade en medelstark negativ korrelation ( $-0,8 < r < -0,60$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i dygnsgenomsnittet av ammoniak till 62 % förklarades av variationen i utomhustemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 11a). Sambandet till den relativa luftfuktigheten i stallet hade en medelstark positiv korrelation ( $0,6 < r < 0,80$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i stallets relativa luftfuktighet förklarade variationen i dygnsgenomsnittet av ammoniak till 60 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 11b).

a)



b)



Figur 11. Samband mellan dygnsgenomsnitt av ammoniak i från-luftsfläkt och a) utomhustemperatur samt b) relativ luftfuktighet i stall för samtliga genomsnittsvärden i A-stallen.

## Jämförelser av luftkvalitetsparametrar inom stalltyp B

I B-stallen var den genomsnittliga utomhustemperaturen den 14 maj 11,2 °C vilket var högre än samtliga provtagningstillfällen i mars ( $p < 0,05$ ). Den genomsnittligt lägsta temperaturen uppmättes den 13 mars då den var -6,5 °C ( $p < 0,05$ ) (se tabell 13).

Tabell 13. Jämförelse av utomhustemperatur (°C) mellan provtagningsdatumen i B-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	144	0,3	-4,5	5,1	B
2013-03-06	144	1,2	-3	7,7	B
2013-03-13	144	-6,5	-15,0	2,1	D
2013-03-17	144	-2,2	-7,5	7,2	C
2013-05-14	144	11,2	6,2	19,2	A

### ***Temperatur***

Den genomsnittliga stalltemperaturen i stall B1 var 19,6 °C, vilket var signifikant ( $p<0,05$ ) högre jämfört med i stall B2 där den genomsnittliga stalltemperaturen var 17 °C (se tabell 14a).

I stall B1 var den genomsnittliga stalltemperaturen den 2 mars 21,2 °C (0,3 °C utomhus) vilket var högre jämfört med de övriga provtagningarna i mars ( $p<0,05$ ). Den 13 mars var den genomsnittliga stalltemperaturen 18 °C (den genomsnittligt lägsta utomhustemperaturen uppmättes, -6,5 °C) vilket var lägre än de övriga provtagningsdatumen ( $p<0,05$ ) (se tabell 14b). I stall B2 var den genomsnittliga stalltemperaturen den 14 maj 21,6 °C (den genomsnittlig högsta utomhustemperaturen uppmättes, 11,2 °C) vilket var högre än samtliga provtagningar i mars ( $p<0,05$ ). Den 13 mars var den genomsnittliga stalltemperaturen, 16,4 °C vilket var lägre än de övriga provtagningsdatumen ( $p<0,05$ ) (se tabell 14c).

Jämförelsen av sektionerna visade att sektion 30, belägen närmast utgödslingen, hade lägre stalltemperatur jämfört med sektion 5, 15 och 20, belägna närmast ingången och centralt i stallen ( $p<0,05$ ) (se tabell 14d). Även jämförelsen av gångarna visade på skillnader. Gång 1, placerad närmast ytterväggen, hade lägre stalltemperatur jämfört med gång 2 och 3, belägna under systemet emellan yttervägg och hjärtvägg respektive närmast hjärtväggen angränsande till nästa B-stall ( $p<0,05$ ) (se tabell 14e).

Tabell 14. Jämförelse av stalltemperaturen (°C) mellan a) stall B1 och B2 totalt sett, b) mellan provtagningsdatumen i stall B1, c) mellan provtagningsdatumen i stall B2, d) mellan sektioner totalt sett och e) mellan gångar totalt sett i B-stallen under vinterprovtagningarna. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Vinter					
Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
B1	72	19,6	16,6	23,1	A
B2	72	17,0	13,9	20,4	B

b)

Stall B1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	18	21,2	19,8	23,1	A
2013-03-06	18	19,9	19,2	20,9	B C
2013-03-13	18	18,0	16,6	19,9	D
2013-03-17	18	19,2	17,8	21	C
2013-05-14	18	20,7	19,3	22	A B

c)

Stall B2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	18	16,5	14,4	18,7	C
2013-03-06	18	17,0	14,4	20,4	B C
2013-03-13	18	16,4	13,9	18,4	C
2013-03-17	18	17,9	16	19,3	B
2013-05-14	18	21,6	20,5	22,9	A

d)

Vinter					
Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering
5	24	18,7	15,0	23,1	A
10	24	18,3	14,4	22,3	A B
15	24	18,5	16,2	21,9	A
20	24	18,7	15,9	22,3	A
25	24	18,1	14,3	22,5	A B
30	24	17,3	13,9	21,0	B

e)

Vinter					
Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering
1	48	17,8	14,4	21,0	B
2	48	18,6	13,9	22,5	A
3	48	18,5	14,0	23,1	B

### ***Koldioxid***

Under vinterprovtagningarna hade stall B1 en genomsnittlig koldioxidnivå på 3660 ppm vilket var högre jämfört med stall B2 där den genomsnittliga koldioxidnivån var 2860 ppm ( $p < 0,05$ ) (se tabell 15a).

I stall B1 var den genomsnittliga koldioxidnivån den 14 maj 2480 ppm (då den genomsnittligt högsta utomhustemperaturen uppmättes, 11,2 °C) vilket var lägre jämfört med samtliga provtagningar under mars ( $p < 0,05$ ). Den 13 mars (då den genomsnittligt lägsta utomhustemperaturen uppmättes, -6,5 °C) var den genomsnittliga koldioxidnivån 4040 ppm vilket var högre jämfört med den 6 mars och 14 maj ( $p < 0,05$ ) (se tabell 15b). I stall B2 var den genomsnittliga koldioxidnivån den 17 mars 3790 ppm (-2,2 °C utomhus) vilket var högre jämfört med de andra provtagningsdatumen ( $p < 0,05$ ). Den 6 mars (1,2 °C utomhus) var den genomsnittliga koldioxidnivån 2040 ppm vilket var lägre jämfört med den 17 mars, 13 mars och 14 maj ( $p < 0,05$ ) (se tabell 15c).

Inga signifikanta skillnader noterades mellan sektioner. Vid jämförelsen av gångar noterades dock att gång 3, belägen närmast hjärtväggen, hade en högre koldioxidnivå jämfört med gång 1, belägen närmast ytterväggen, och gång 2, belägen i mitten av stallet ( $p < 0,05$ ) (se tabell 15d).

Tabell 15. Jämförelse av koldioxidnivå (ppm) mellan a) stall B1 och B2 under vinterprovtagningarna, b) provtagningsdatumen i stall B1, c) provtagningsdatumen i stall B2 och d) de olika gångarna totalt sett i B-stallen under vinterprovtagningarna. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Vinter					
Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
B1	71	3660	2540	4350	A
B2	72	2860	1250	4480	B

b)

Stall B1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-13	17	4040	2660	4350	A
2013-03-02	18	3900	2630	4150	A
2013-03-17	18	3840	2270	4350	A
2013-03-06	18	2890	2540	3220	B
2013-05-14	18	2480	2090	3190	C

c)

Stall B2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	18	2310	1640	3430	D
2013-03-06	18	2040	1250	2590	D
2013-03-13	18	3270	2450	4030	B
2013-03-17	18	3790	3070	4480	A
2013-05-14	18	2800	2380	3190	C

d)

Vinter					
Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering
1	48	2920	1250	4480	B
2	47	3090	1640	4350	B
3	48	3760	1810	4310	A



### ***Lufthastighet***

Under vinterprovtagningarna var den genomsnittliga lufthastigheten i stall B1 0,28 m/s vilket inte skiljde sig från stall B2 där den genomsnittliga lufthastigheten var 0,29 m/s. Inga skillnader noterades varken mellan provtagningsdatumen inom stall eller mellan sektioner och gångar.

### ***Relativ luftfuktighet***

Under vinterprovtagningarna var den genomsnittliga relativa luftfuktigheten i stall B1 70 % vilket var lägre jämfört med stall B2 där den genomsnittliga relativa luftfuktigheten var 75 % ( $p < 0,05$ ) (se tabell 16a).

I stall B1 var den genomsnittliga relativa luftfuktigheten den 14 maj 59 % (då den genomsnittligt högsta utomhustemperaturen uppmättes, 11,2 °C) vilket var lägre jämfört med samtliga provtagningar i mars då den genomsnittliga relativa luftfuktigheten låg mellan 71 % och 74 % ( $p < 0,05$ ). Nivåerna av relativ luftfuktighet den 2 mars och 13 mars var 72 % (0,3 respektive -6,5 °C utomhus) vilket var högre jämfört med den 6 mars och 14 maj ( $p < 0,05$ ) (se tabell 16b). I stall B2 var den genomsnittliga relativa luftfuktigheten den 14 maj 65 % vilket var lägre jämfört med samtliga provtagningar i mars då den genomsnittliga relativa luftfuktigheten låg mellan 73 och 76 % ( $p < 0,05$ ) (se tabell 16c).

I sektion 30, belägen närmast utgödslingen (där den genomsnittligt lägsta stalltemperaturen uppmättes, 17,3 °C), var den genomsnittliga relativ luftfuktighet högre jämfört med sektion 10, belägen närmast ingången till stallen (genomsnittlig stalltemperatur 18,3 °C), och sektion 15, belägen centralt i stallen (genomsnittlig stalltemperatur 18,5 °C) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 16d). Jämförelsen av gångarna visade inte på några signifikanta skillnader.

Tabell 16. Jämförelse av den relativa luftfuktigheten totalt sett mellan a) stall B1 och B2 under vinterprovtagningarna, b) mellan provtagningsdatumen i stall B1, c) mellan provtagningsdatumen i stall B2 och d) mellan sektioner totalt sett i stall B1 och B2 under vinterprovtagningarna. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Vinter					
Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
B1	72	70	57	82	B
B2	72	75	62	81	A

b)

Stall B1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	18	72	65	82	A
2013-03-06	18	67	57	73	B
2013-03-13	18	72	64	80	A
2013-03-17	18	70	63	80	A B
2013-05-14	18	59	56	64	C

c)

Stall B2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	18	73	62	80	A
2013-03-06	18	74	64	80	A
2013-03-13	18	76	69	80	A
2013-03-17	18	75	69	81	A
2013-05-14	18	65	57	73	B

d)

Vinter					
Sektion	N	Medel	Min	Max	Gruppering
5	24	72	64	80	A B
10	24	70	57	80	B
15	24	71	62	80	B
20	24	73	64	81	A B
25	24	73	63	80	A B
30	24	75	68	82	A

### *Golvtemperatur*

Den genomsnittliga golvtemperaturen i stall B1 var 16,5 °C vilket var högre jämfört med stall B2 där den genomsnittliga golvtemperaturen var 15,8 °C ( $p < 0,05$ ) (se tabell 17a).

I stall B1 var den genomsnittliga golvtemperaturen den 13 och 17 mars 15,6 och 15,4 °C (-6,5 respektive -2,2 °C utomhus) vilket var lägre jämfört med den 2 mars då den var 17,8 °C (0,3 °C utomhus) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 17b). I stall B2 var den genomsnittliga golvtemperaturen den 14 maj 18,3 °C (då den genomsnittligt högsta utomhustemperaturen uppmättes, 11,2 °C) vilket var högre jämfört med den 2 mars, 13 mars och 17 mars då den genomsnittliga golvtemperaturen låg mellan 15,3 °C och 16,1 °C (0,3 till -2,2 °C utomhus) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 17c).

Vid jämförelse av golvtemperatur mellan sektioner noterades inga skillnader. Jämförelsen av gångar (se tabell 17d) visade på skillnader mellan samtliga gångar ( $p < 0,05$ ). Den genomsnittligt högsta golvtemperaturen uppmättes i gång 3, belägen närmast hjärtväggen (genomsnittlig stalltemperatur 18,5 °C, genomsnittlig koldioxidnivå 3760 ppm), gång 1 (genomsnittlig stalltemperatur 17,8 °C, genomsnittlig koldioxidnivå 2920 ppm) belägen närmast ytterväggen, hade den genomsnittligt lägsta golvtemperaturen ( $p < 0,05$ ).

Tabell 17. Jämförelse av golvtemperaturen totalt sett mellan a) stall B1 och B2 under vinterprovtagningarna, b) mellan provtagningsdatumen i stall B1, c) mellan provtagningsdatumen i stall B2 och d) mellan gångar totalt sett i B-stallen under vinterprovtagningarna. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Vinter					
Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
B1	34	16,5	12,8	20,2	A
B2	36	15,8	12,4	19,5	B

b)

Stall B1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	9	17,8	16	20,2	A
2013-03-06	9	16,9	14,9	19,6	A B
2013-03-13	9	15,6	12,8	18,1	B
2013-03-17	9	15,4	13,6	17,0	B
2013-05-14	9	17,4	15,7	22,1	A B

c)

Stall B2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	9	15,4	12,4	17,0	B
2013-03-06	9	16,5	13,4	19,0	A B
2013-03-13	9	15,3	13,0	17,0	B
2013-03-17	9	16,1	13,9	19,5	B
2013-05-14	9	18,3	16,2	19,3	A

d)

Vinter					
Gång	N	Medel	Min	Max	Gruppering
1	24	15,1	12,4	18,4	C
2	24	16,1	13,8	18,8	B
3	22	17,4	14,8	20,2	A

### ***Ströbäddens torrsubstanshalt***

Under vinterprovtagningarna var den genomsnittliga torrsubstanshalten i ströbädden i stall B1 74,7 % vilket var högre jämfört med stall B2 där den genomsnittliga torrsubstanshalten var 66,9 % ( $p < 0,05$ ) (se tabell 18a).

Vid jämförelse mellan de olika provtagningstillfällena totalt sett noterades att den genomsnittliga torrsubstanshalten den 14 maj var 82,8 % (då den genomsnittligt högsta

utomhustemperaturen uppmättes, 11,2 °C, relativ luftfuktighet i stall B1 59 % och i stall B2 65 %) vilket var högre jämfört med samtliga provtagningstillfällena i mars då den genomsnittliga nivån låg mellan 69,7 och 71,6 % (relativ luftfuktighet låg mellan 72 % och 67 % i stall B1 och mellan 73 % och 76 % i stall B2) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 18b).

Tabell 18. Jämförelse av torrsubstanshalten i ströbädden totalt sett mellan a) stall B1 och B2 under vinterprovtagningarna och b) mellan de olika provtagningsdatumen i B-stallen. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Vinter					
Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
B1	4	74,7	72,5	76,1	A
B2	4	66,9	66,1	67,7	B

b)

Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	2	69,7	67,0	72,5	B
2013-03-06	2	70,8	66,9	74,6	B
2013-03-13	2	71,6	67,7	75,5	B
2013-03-17	2	71,1	66,1	76,1	B
2013-05-14	2	82,8	80,2	85,3	A

### *Ammoniak i djurnivå*

Den genomsnittliga momentana nivån av ammoniak i djurnivå var i stall B1 10,7 ppm vilket var lägre jämfört med stall B2 där den genomsnittliga ammoniaknivån var 19,3 ppm ( $p < 0,05$ ) (se tabell 19a).

I stall B1 var den genomsnittliga ammoniaknivån den 14 maj 1,3 ppm (genomsnittlig relativ luftfuktighet i stall 59 %, genomsnittlig torrsubstanshalt i ströbädden 85,3%) vilket var lägre jämfört med samtliga provtagningar i mars då den genomsnittliga ammoniaknivån låg mellan 9,7 ppm och 13,3 ppm (genomsnittlig relativ luftfuktighet mellan 67 % och 72 %, genomsnittlig torrsubstanshalt i ströbädden mellan 72,5 % och 76,1 %) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 19b). Även i stall B2 var den genomsnittliga ammoniaknivån den 14 maj (genomsnittlig relativ luftfuktighet 65 %, genomsnittlig torrsubstanshalt i ströbädden 80,2%) lägre jämfört med samtliga provtagningar i mars ( $p < 0,05$ ). Den genomsnittligt högsta ammoniaknivån uppmättes den 17 mars då den var 28,3 ppm (relativ luftfuktighet 75 %, genomsnittlig torrsubstanshalt i ströbädden 66,1 %) vilket var högre jämfört med den 2 mars, 6 mars och 14 maj då den genomsnittliga ammoniaknivån var 17 ppm, 13 ppm respektive 1,7 ppm (genomsnittlig relativ luftfuktighet 73, 74 respektive 65 %, genomsnittlig torrsubstanshalt i ströbädden 67, 66,9 respektive 80,2 %) ( $p < 0,05$ ) (se tabell 19c). Jämförelsen av gångar visade inte på några skillnader.

Tabell 19. Jämförelse av ammoniaknivå i djurnivå totalt sett mellan a) stall B1 och B2 under vinterprovtagningarna, b) mellan provtagningsdatumen i stall B1 och c) mellan provtagningsdatumen i stall B2. Medelvärden som inte delar en gemensam bokstav skiljer sig signifikant ( $p < 0,05$ ).

a)

Vinter					
Stall	N	Medel	Min	Max	Gruppering
B1	12	10,7	9,0	20,0	B
B2	12	19,3	9,0	30,0	A

b)

Stall B1					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	3	13,3	10,0	20,0	A
2013-03-06	3	10,0	9,0	12,0	A
2013-03-13	3	9,7	9,0	10,0	A
2013-03-17	3	10,0	9,0	11,0	A
2013-05-14	3	1,3	1,3	1,4	B

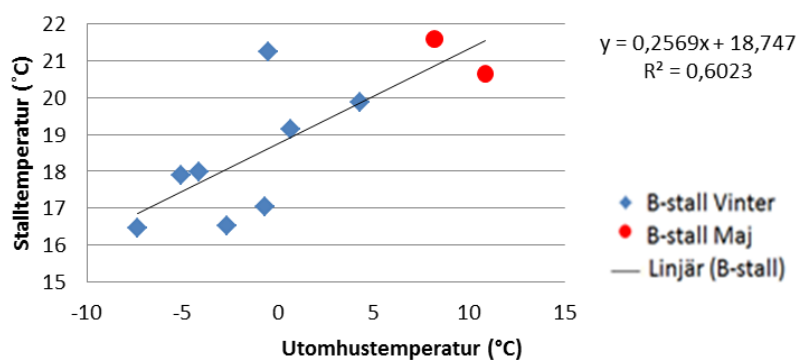
c)

Stall B2					
Datum	N	Medel	Min	Max	Gruppering
2013-03-02	3	17,0	12,0	20,0	B C
2013-03-06	3	13,0	9,0	20,0	B
2013-03-13	3	18,7	18,0	20,0	A B C
2013-03-17	3	28,3	25,0	30,0	A
2013-05-14	3	1,7	1,4	2,0	C

## Samband mellan luftkvalitetsparametrar i stalltyp B

### Stalltemperatur

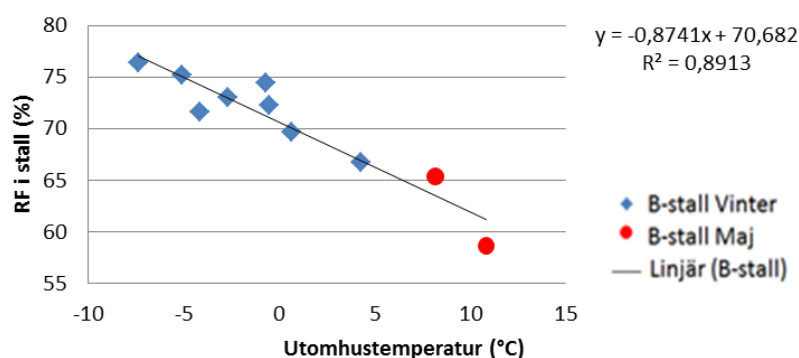
Stalltemperaturen uppvisade samband med utomhustemperaturen där stalltemperaturen reducerades med sjunkande utomhustemperatur. Sambandet hade en medelstark, positiv korrelation ( $0,6 < r < 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i stalltemperatur till 60 % förklarades av variationen i utomhustemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 12).



Figur 12. Samband mellan den relativa luftfuktigheten i stallet och utomhustemperaturen för samtliga genomsnittsvärden i B-stallen efter att majprovtagningen inkluderats.

### **Relativ luftfuktighet i stall**

Den relativa luftfuktigheten uppvisade samband med utomhustemperaturen där den relativa luftfuktigheten i stallen ökade med reducerad utomhustemperatur. Sambandet hade en stark, negativ korrelation ( $r < -0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i utomhustemperatur förklarade variationen i relativ luftfuktighet till 89 % totalt sett ( $p < 0,05$ ) (se figur 13).

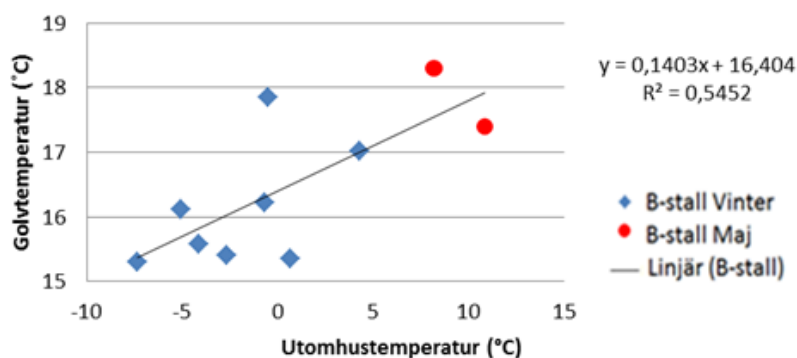


Figur 13. Samband mellan den relativa luftfuktigheten i stallet och utomhustemperaturen för samtliga genomsnittsvärden i B-stallen efter att majprovtagningen inkluderats.

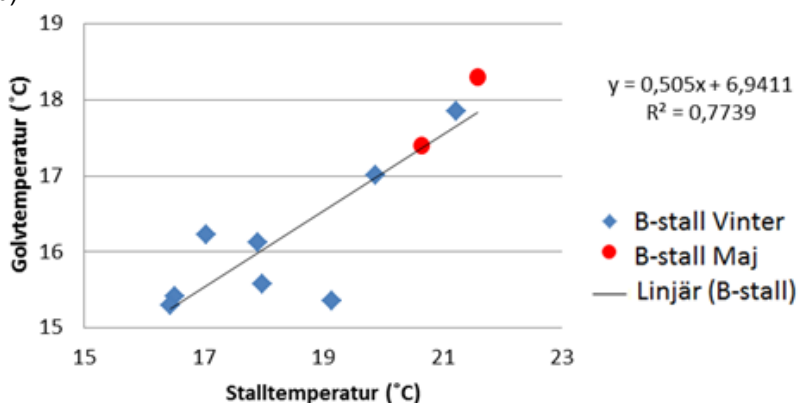
### **Golvtemperatur**

Golvtemperaturen uppvisade ett samband med utomhustemperatur och stalltemperatur där golvtemperaturen reducerades med sjunkande utomhus- och stalltemperatur. Sambandet till utomhustemperaturen hade en medelstark, positiv korrelation ( $0,6 < r < 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i golvtemperatur till 55 % förklarades av variationen i utomhustemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 14a). Sambandet till stalltemperaturen hade en stark, positiv korrelation ( $r > 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i golvtemperatur till 77 % förklarades av variationen i stalltemperatur ( $p < 0,05$ ) (se figur 14b).

a)



b)

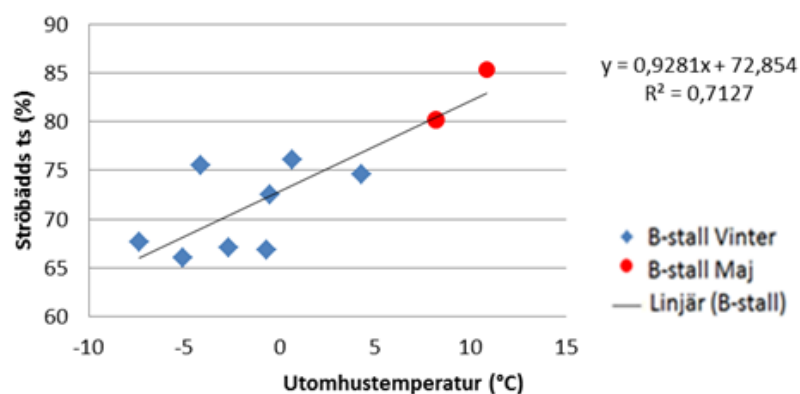


Figur 14. Samband mellan golvtemperatur och a) utomhustemperatur samt b) stalltemperatur för samtliga genomsnittsvärden i B-stallen efter att majprovtagningen inkluderats.

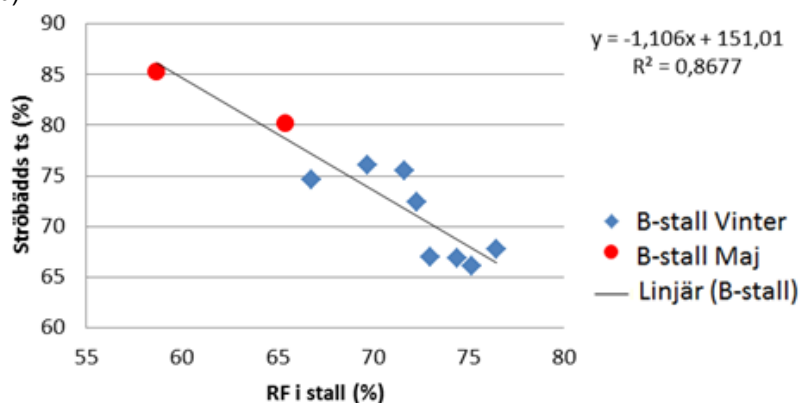
### ***Ströbäddens torrsubstanshalt***

Ströbäddens torrsubstanshalt uppvisade samband med utomhustemperatur och stallens relativa luftfuktighet där torrsubstanshalten reducerades med sjunkande utomhustemperatur och stigande relativ luftfuktighet. Sambandet till utomhustemperaturen hade stark, positiv korrelation ( $p > 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i utomhustemperatur förklarade variationen i ströbäddens torrsubstanshalt till 71 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 15a). Sambandet till den relativa luftfuktigheten hade en stark, negativ korrelation ( $p < -0,8$ ) ( $p < 0,05$ ), variationen i stallens relativa luftfuktighet förklarade variationen i ströbäddens torrsubstanshalt till 87 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 15b).

a)



b)



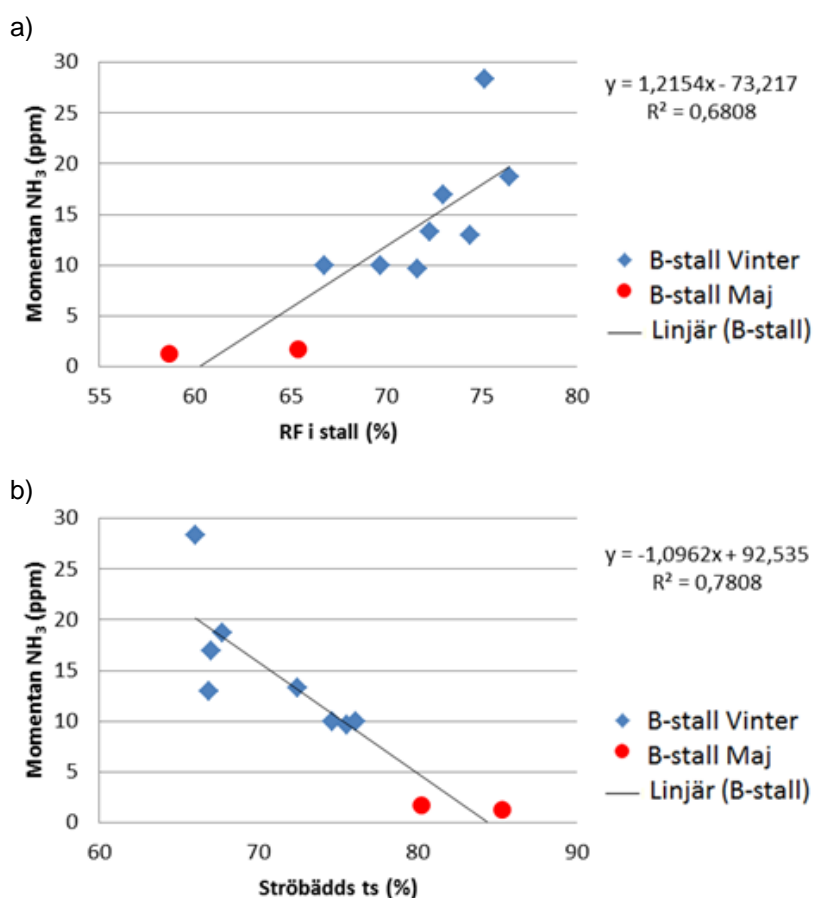
Figur 15. Samband mellan ströbäddens torrsubstanshalt och a) utomhustemperatur samt b) relativ luftfuktighet i stall, för samtliga genomsnittsvärden i B-stallen efter att majprovtagningen inkluderats.

## Ammoniak

### Momentannivån av ammoniak i djurnivå

Momentannivån av ammoniak i djurnivå noterades ha ett samband med den relativa luftfuktigheten samt torrsubstanshalten i ströbädden. Sambandet till den relativa luftfuktigheten hade en stark, positiv korrelation ( $r > 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ). Vidare analys visade att variationen i stallens relativa luftfuktighet förklarade variationen i den momentana ammoniaknivån till 68 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 16a). Sambandet till ströbäddens torrsubstanshalt hade en stark, negativ korrelation ( $r < -0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i ströbäddens torrsubstanshalt förklarade variationen i den momentana ammoniaknivån till 78 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 16b).





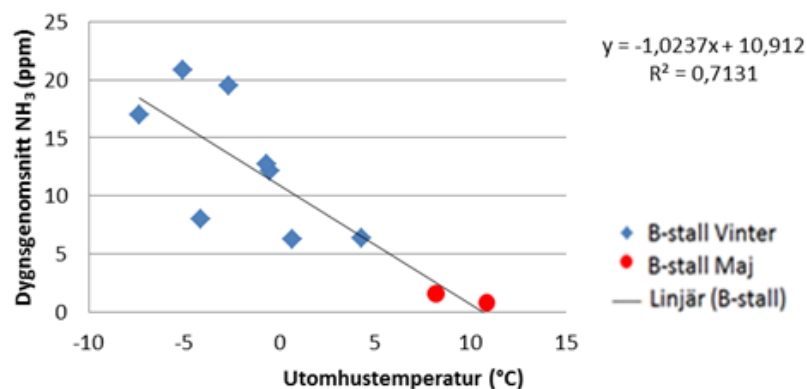
Figur 16. Samband mellan momentannivån av ammoniak i djurnivå och a) den relativa luftfuktigheten samt b) ströbäddens torrsbstanshalt för samtliga genomsnittsvärden i B-stallen efter att majprovtagningen inkluderats.

### Dygnsgenomsnitt av ammoniak

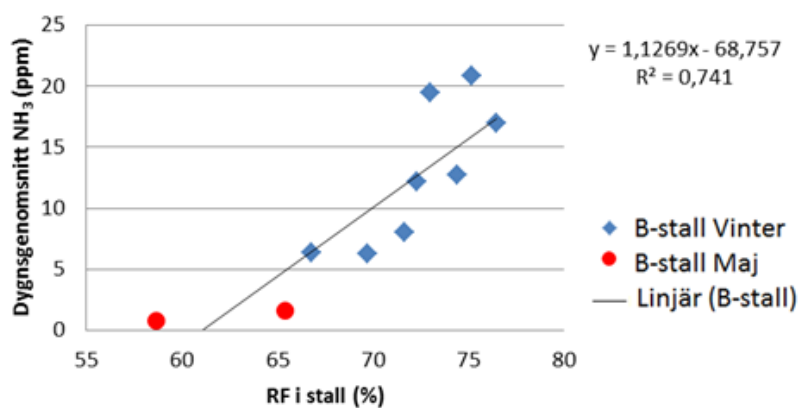
Dygnsgenomsnittet av ammoniak påvisade samband med utomhustemperaturen, den relativa luftfuktigheten, samt torrsbstanshalten i ströbädden. Dygnsgenomsnittet av ammoniak ökade med sjunkande utomhustemperatur, stigande relativ luftfuktighet och reducerad torrsbstanshalt i ströbädden.

Sambandet till utomhustemperaturen hade en medelstark, negativ korrelation ( $-0,8 < r < -0,6$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i utomhustemperatur förklarade variationen i dygnsgenomsnittet av ammoniak till 71 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 17a). Sambandet till den relativa luftfuktigheten hade en stark, positiv korrelation ( $r > 0,8$ ) ( $p < 0,05$ ). Variationen i den relativa luftfuktigheten i stallet förklarade variationen i dygnsgenomsnittet av ammoniak till 74 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 17b). Sambandet till ströbäddens torrsbstanshalt hade en stark, negativ korrelation ( $r < -0,8$ ) ( $p < 0,05$ ) där variationen i ströbäddens torrsbstanshalt förklarade variationen i den genomsnittliga ammoniaknivån till 88 % ( $p < 0,05$ ) (se figur 17c).

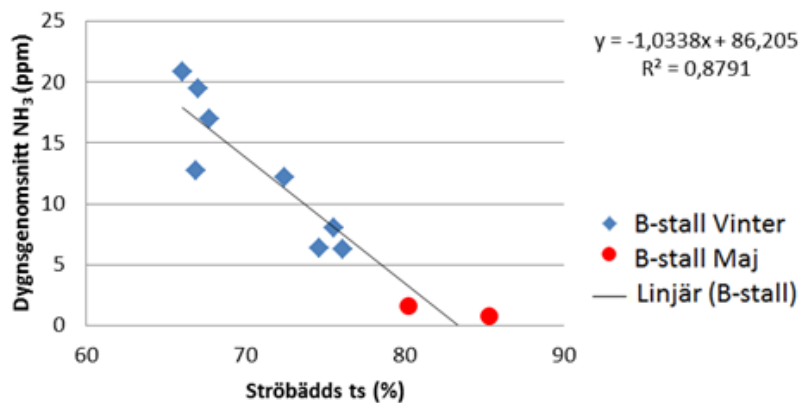
a)



b)



c)



Figur 17. Samband mellan dygnsgenomsnittet av ammoniak och a) utomhustemperatur, b) relativ luftfuktighet samt c) ströbäddens torrsubstanshalt för samtliga genomsnittsvärden i B-stallen efter att majprovtagningen inkluderats.

## Observationer

I samband med första provtagningstillfället i A-stallen ökade vattenförbrukningen med ca 50 ml/höna under några dagar vilket fick till följd att ströbäddens kvalitet

försämrades och blev kletig och kakig. Ströbädden i mitten, under inredningssystemet, samt högst upp i stallet förblev lucker.

I A-stallen var tilluftsdonen beklädda med nät för att undvika att höns hoppade in i dem vid maximalt ventilationsflöde. I båda A-stallen hade skyddsnäten en beläggning av damm (se figur 18) med ett tjockare dammlager i den övre delen av stallet där luften även upplevdes som sämre.



Figur 18. Dammigt tilluftsdon i A-stallen.

Då utomhustemperaturen låg under  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  noterades kondensrök utomhus från A-stallens frånluftsfläktar (se figur 19a). Tydlig avkylning observerades att kall luft drog från gödselkulverten. Vid provtagningstillfället den 19 januari ( $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  utomhus) var tilluftsdonen i båda stallen belagda med frost och is (se figur 19b). Luftstrålen från tilluftsdonen var synlig för blotta ögat, till följd av luftfuktigheten i stallet, och noterades falla rakt ner till golvet. I stall A1 var ett tilluftsdon trasigt och kondensröken var påtaglig (se figur 19c).



Figur 19. a) Kondensrök från frånluftsfläkt utomhus, b) frost och isbildning kring luftdysskivor i stall och c) kondensrök i stall från trasigt tilluftsdon.

I B-stallen reglerades spjällen i tilluftsfläktarna med hjälp av anslutningsvagnar infästa till en huvudvajer som i sin tur var kopplad till spjällmotorer placerade på vinden (se figur 20). I samband med spjälljusteringarna noterades att huvudvajern till stall B2 var helt i stål medan den i stall B1 var en gummerad stålvaier. Infästningspunkterna av

anslutningsvajern i stall B2 gled på huvudvajern vid reglering av spjällen vilket resulterade i att spjällen stod i ojämna lägen, detta förekom inte i stall B1.



Figur 20. Infästning (1) av anslutningsvajer (2) till huvudvajer (3) kopplad till spjällmotor.

I båda stalltyperna noterades att majoriteten av hönsen befann sig uppe i inredningssystemet och på golvet nära stallingången. Belägningsgraden längs hjärtväggssidan var betydligt högre jämfört med ytterväggssidan (se figur 21) och vid utgödslingen. Luften upplevdes som betydligt sämre i området närmast stallingången.



Figur 21. Hjärtväggsgång med hög belägningsgrad och ytterväggsgång med låg belägningsgrad.

I samtliga stall var provtagningssektionerna belägna ca 1/3 in i stallet från utgödslingskulverten. Fristående stickprov tydde på att ammoniaknivåerna var högre närmare ingången till stallet.

## DISKUSSION

### *Temperatur*

I försöksstall A2 var börvärdet för stalltemperaturen satt till 19 °C vilket tillät stalltemperaturen att sjunka mer jämfört med i stall A1 där börvärdet var satt till 20 °C. Detta resulterade dock inte i någon signifikant skillnad i stalltemperatur mellan stallen totalt sett. Däremot uppmättes en signifikant ( $p < 0,05$ ) lägre stalltemperatur i stall A2 den 19 januari, då det var som kallast ute. Inga signifikanta skillnader i stalltemperatur noterades mellan de provtagningstillfällen då utomhustemperaturen låg kring 0 °C. Stall A1 uppvisade ingen signifikant skillnad i stalltemperatur mellan något av provtagningsdatumen men uppvisade istället signifikant högre koldioxidnivåer jämfört med stall A2.

Eftersom samtliga prover i B-stallen insamlades under mars var utomhusförhållandena något mildare än vid provtagningarna i A-stallen. Båda B-stallen hade samma börvärden för temperatur men den genomsnittliga stalltemperaturen var högre i stall B1 jämfört med stall B2 under vinterprovtagningarna. Vid jämförelse mellan datumen uppvisade stallen olika respons till utomhustemperaturen förutom den dag då det var kallast ute då båda stallen uppvisade den lägsta genomsnittliga stalltemperaturen. I stall B2 resulterade ojämna spjäll till att ventilationen var ojämn och svårare att reglera jämfört med i stall B1. I stall B1, där inga problem med ojämna spjäll förekom, bidrog recirkulationsfunktion till att stalltemperaturen höll en något högre nivå jämfört med i stall B2 där problemen med de glidande vajrarna skapade en ojämn lufttillförsel och nedkylda områden förekom. Liksom i A-stallen hade sektionen längst ner i B-stallen den lägsta genomsnittliga temperaturen.

I samtliga stall noterades att stalltemperaturen påverkades av utomhustemperaturen. Enligt Bengtsson (2001) och Sällvik & Ehrlemark, (2010) påverkas möjligheten att bibehålla stalltemperaturen av ventilationsgrad, beläggningsgrad, byggnadens isolering samt tillgången till tillsatsvärme. Vintertid måste därför ventilationsflödet och eventuell uppvärmning av stallet ställas i förhållande till möjligheten att bibehålla önskad stalltemperatur och risken för problem med luftföroreningar. Den undersökta besättningen saknade tillsatsvärme och hade enligt värmebalansberäkningen ett värmeunderskott på ca 50 kW vid en utomhustemperatur på -15 °C. Resultaten från A-stallen visade tydligt att ventilationen snabbt reducerades till nivåer lägre än önskvärt (koldioxidnivåer över gränsvärdet) vid låga utomhustemperaturer för att bibehålla stalltemperaturen, som trots detta sjönk på grund av otillräcklig värmekälla i stallet. I båda stalltyperna noterades att stalltemperaturen var som lägst i den del av stallbyggnaden som låg i nära anslutning till utgödslingskulvert eller som inte angränsade till ett uppvärmt utrymme.

I båda stalltyperna noterades ojämn beläggningsgrad, majoriteten av hönsen befann sig uppe i inredningssystemet och på golvet nära stallingången. Beläggningsgraden längs hjärtväggssidan var betydligt högre jämfört med ytterväggssidan och vid utgödslingen. Skillnaden i beläggningsgrad blev än mer påtaglig vid kallt utomhusklimat. Eftersom hönsen var den enda värmekällan i stallen kan den låga temperaturen i de delar som ej

angränsade till uppvärmt utrymme kopplas både till en för låg värmeförlust till följd av lägre beläggning samt transmissionsförluster via ytterväggar och ingen tillsatsvärme.

### ***Koldioxid***

Som tidigare nämnts styrdes klimatregleringen och ventilationsgraden i stallen utifrån stalltemperaturen. Generellt sett visade resultaten för låga ventilationsflöden och höga koldioxidhalter vid låga utomhustemperaturer. I A-stallen noterades naturligt negativt samband mellan koldioxidnivån i stallet utomhustemperaturen och ventilationsprocenten vilket visade att koldioxidhalten minskade, när det blev mildare ute och ventilationsgraden ökade. Detta bekräftades i jämförelsen mellan datum då de högsta koldioxidnivåerna uppmättes när det var som kallast ute, den 19 januari. Koldioxidnivåerna på majoriteten av mätplatserna var vid provtagningstillfället så pass höga att de övergick mätinstrumentets kapacitet ( $>5000$  ppm), dessa värden kunde därför inte inkluderas i den statistiska analysen.

Stall A2 hade signifikant ( $p < 0,05$ ) lägre koldioxidnivå jämfört med stall A1 vilket kan härledas till att det lägre börvärdet för temperaturen i stall A2 resulterade i högre ventilationsflöden. I B-stallen noterades inget signifikant samband mellan utomhustemperatur och koldioxid, dock noterades liknande respons som i A-stallen mellan de olika provtagningsdatumen då högre koldioxidnivåer uppmättes vid de provtagningstillfällen då utomhustemperaturen var som lägst.

Under vinterprovtagningarna hade stall B2 lägre koldioxidnivåer jämfört med stall B1 och även lägre temperatur trots att stallen hade samma injusteringar. Detta kan bero på att temperaturgivarna i de olika stallen kände av olika temperatur (t.ex. pga. att antalet höns som vistades i närheten av givaren var olika i de två stallen och att värmeavgivningen i närheten av dem därmed skilde sig åt). De ojämna spjällen i stall B2 skulle också ha kunnat påverka temperaturfördelningen i stallet och temperaturen i det område där givaren satt. Exempelvis kan spjället i tilluftsfläkten som låg i nära anslutning till givaren varit i ett mer stängt läge jämfört med andra spjäll vilket resulterade i högre temperatur vid givaren och signal till klimatdatorn att öka ventilationsflödet.

Liksom för stalltemperaturen noterades i A-stallen att sektion 36, belägen närmast utgödslingen hade lägre koldioxidnivå jämfört med övriga sektionerna i stallen. Detta kan förklaras av att en lägre belägningsgrad observerades i den sektionen och således erhöles en högre ventilation i förhållande till belägningsgrad. Koldioxidhalten kan ju ses som ett mått på ventilationsflöde i förhållande till belägningsgraden. I B-stallen hade gång 1, närmast ytterväggen, den lägsta koldioxidnivån och observerades även ha en lägre belägningsgrad. Gång 2 och 3, under systemet samt närmast hjärtväggen, observerades ha en högre belägningsgrad, och hade även de högsta koldioxidnivåerna. Ventilationsflödet per höna var lågt närmast ingången till stallet, (där det vistades ett stort antal höns, många höns per  $\text{m}^3$  friskluft) medan ventilationsflödet per höna var högre närmast utgödslingsskylten, (där antalet höns var färre, färre höns per  $\text{m}^3$  friskluft). Vad gäller skillnader mellan gångarna i A-stallen noterades överraskande nog att gång 3, belägen närmast hjärtväggen, hade den genomsnittligt lägsta koldioxidnivån. Detta trots att belägningsgraden i denna del av stallet observerades vara högre jämfört med i gång 1, belägen närmast ytterväggen. En förklaring till detta kan möjligen hänga



samman med den höga beläggningen i gång 3. Hönsens värmeproduktion i den högbelagda delen av stallet (se bilaga 9- figur 33) skapade sannolikt en skorstenseffekt vilket innebar att den uppvärmda luften steg mot taket (se bilaga 9- figur 34). Luftrörelser i samband med detta kan ha lett till att luften vid mätplatsen i gång 3 ersattes mer effektivt av frisk luft från tilluftsdonen och skapade lägre koldioxidnivåer trots den höga beläggningen. Inga lufthastigheter mättes dock i systemet varför denna teori ej kan bekräftas.

### *Lufthastighet*

Lufthastigheten uppvisade inga signifikanta samband med varken produktions- eller luftkvalitetsparametrar i någon av stalltyperna. I A-stallen noterades vid de inledande åtgärderna att skyddsnäten kring tilluftsdonen var belagda med damm (se figur 33). Dammet från samtliga tilluftsdon i stall A2 avlägsnades för att luftrörelserna ej skulle begränsas. Dagen innan varje provtagningstillfälle rengjordes tilluftsdonen i stall A2 då nytt damm snabbt ansamlades igen. Stall A1 hade en något högre genomsnittlig lufthastighet jämfört med stall A2, trots att tilluftsdonen i A2 hade dammats av och injusterats samt att ventilationsgraden var högre.



Figur 22. Tilluftsdon innan avlägsnandet av damm och efter avlägsnandet av damm.

Vid injusterings av tilluftsdonen i stall A2 noterades att luftdysskivorna som reglerade luftflödet via tilluftsdonen inte var helt jämna samt att grundinställningen för huvudvajern, kopplad till spjällmotorn, inte var gjord korrekt. Vissa av luftdysskivorna gick inte att justera överhuvudtaget. Ojämna och felinställda tilluftsdon leder till okontrollerade luftrörelser i stallet med risk för drag. I stall A1 noterades att ett tilluftsdon var trasigt, luftdysskivans upphängning hade släppts, varför det inte reglerades som de övriga tilluftsdonen. I sektion 30, där det trasiga tilluftsdonet var placerat uppmättes därför högre lufthastigheter. Dock noterades även högre lufthastigheter kring sektion 30 i stall A2 vilket kan bero på att tilluftsdonet i den sektionen var en av dem som inte gick att justera.

I B-stallen noterades inga skillnader i lufthastighet mellan varken stall, datum, sektioner eller gångar. Detta kan förklaras av att tilluften i dessa stall tillfördes via tilluftsfäktar med recirkulationsfunktion vilket innebär att oavsett hur spjällen i tilluftstrumman var ställda så jobbade fläktarna med samma hastighet och genererade därmed ett konstant luftflöde. Mängden uteluft som tas in via fläktarna och därmed den temperatur som stallet håller varierar dock med hur spjällen är ställda. Recirkulationsfunktionen värmer



upp utomhusluften genom att den blandas med stallluft och tilluften får därmed en något högre temperatur, en något högre temperatur hos tilluften gör att den inte direkt faller ner vilket kall utomhusluft ofta gör.

### ***Relativ luftfuktighet***

Den relativa fuktigheten i A-stallen påvisade samband med utomhustemperatur, stalltemperatur, ventilationsprocent samt koldioxidnivå. Den relativa luftfuktigheten ökade med sjunkande utomhus- och stalltemperatur och ventilationsprocent samt stigande koldioxidnivåer. Resultaten från A-stallen visade på att den relativa luftfuktigheten i stallen förändrades på ett likartat sätt vid de olika provtagningsstillfällena, med de högsta nivåerna av relativ luftfuktighet vid det provtagningsstillfälle då utomhustemperaturen var som lägst, den 19 januari. I B-stallen återfanns endast statistiskt säkra samband med utomhustemperaturen.

Eftersom stallens ventilation har till uppgift att avlägsna fukt, luftföroreningar samt reglera stalltemperatur (Sällvik & Ehrlemark, 2010) är sambanden som i studien visar på sämre luftkvalité då det är kallt ute inte förvånande. Enligt Czarick & Lacy (1997) kan det utan tillsatsvärme bli problem med avlägsnandet av fukt från stallet. Studierna av Czarick & Lacy (1997) är gjorda i Georgia, USA, där utomhusklimatet är mildare än i Sverige vilket innebär att problematiken med fukt i stallarna på grund av värmeunderskott och sänkt ventilationsflöde borde vara större i Sverige. På grund av att de undersökta stallen hade ett värmeunderskott reducerades stalltemperaturen under dagar med låg utomhustemperatur vilket resulterade i att ventilationsflödet reducerades och koldioxiden ökade. Till följd av det sänkta ventilationsflödet avlägsnades mindre fukt från stallen och den relativa luftfuktigheten ökade. Till detta kan tilläggas att den relativa luftfuktigheten vid konstant mätnadsånghalt dessutom är temperaturberoende. Detta innebär att när stalltemperaturen sjunker reduceras luftens vattenhållande förmåga och gränsen till mätnadsånghalten närmas vilket ger en förhöjd relativ luftfuktighet. Följden blir att med sänkt utomhustemperatur och därmed sänkt stalltemperatur och ventilationsgrad erhålls en förhöjd relativ luftfuktighet i stallet.

### ***Golvtemperatur och ströbäddstjocklek***

Enligt Nimmermark et al. (2009) leder ett nedkyllt golv i kombination med en tjock ströbädd till att golvtemperaturen kan sänkas och att fukthalten i ströbädden kan öka. Detta eftersom en tjock ströbädd begränsar upptorkningen av små partiklar och träck i ströbädden (Groot Koerkamp et al., 1995). Inget samband kunde återfinnas mellan golvtemperaturen och ströbäddstjockleken däremot återfanns ett samband mellan golvtemperatur och utomhustemperatur i både A- och B-stallen. I A-stallen ökade den genomsnittliga golvtemperaturen när det blev kallare ute, vilket är ett omvänt förhållande till vad som kunde förväntas. I stall A2 var den genomsnittliga golvtemperaturen som högst den 19 januari då det var som kallast ute, samtidigt uppvisades den största variationen i golvtemperatur. En trolig förklaring till detta kan vara hönsens fördelning i stallet. Belägningsgraden följde samma mönster som golvtemperaturvariationen med högst golvtemperatur i den övre delen av stallet samt i gång 3, närmast hjärtväggen (där även en tjockare ströbädd mättes). Att golvtemperaturen var högre närmast hjärtväggen var att vänta med tanke på att

transmissionsförlusten var lägre, men även i detta fall skulle en viss del av resultatet kunna kopplas till att belägningsgraden var högre i den delen av stallen (ströbädden var även här tjockare jämfört med ytterväggsgången). För att få likartade förutsättningar gällande ströbädd avlägsnades ströbädden från båda A-stallen inför den första provtagningen. Ströbädden längs ytterväggsgången, gång 1, hade i båda A-stallen svårt att etablera sig efter att ströbädden avlägsnats, ströbädden var tunn och kletig, detta i kombination med en noterat lägre belägningsgrad kan möjligen ha bidragit till en lägre golvtemperatur i dessa områden. I stall A2 tillfördes Easy strö i ett försök att underlätta etableringen av ströbädden vilket inte fick önskat resultat då golvtemperaturen var för låg, under 20 °C.

I B-stallen reducerades golvtemperaturen med sjunkande utomhustemperatur vilket är att vänta. Ett samband noterades även med stalltemperaturen där golvtemperaturen minskade med sjunkande stalltemperatur. Stall B1 hade den genomsnittligt högsta stalltemperaturen och även den genomsnittligt högsta golvtemperaturen. Liksom för stalltemperaturen uppvisade inte stallen samma förändringar vid de olika provtagningstillfällena. Den 2 mars då den genomsnittligt högsta stalltemperaturen och golvtemperaturen uppmättes i stall B1 var motsvarande värden bland de lägsta i stall B2. Detta kan återigen förklaras av det ojämna ventilationsflödet, till följd av oregelbundna spjäll, i stall B2.

### ***Ströbäddens torrsubstanshalt***

Luftkvalitén och framförallt ammoniaknivån i stallen påverkas i hög grad av torrsubstanshalten i ströbädden (Groot Koerkamp & Bleijenbergh, 1998; Groot Koerkamp et al., 1998; Groot Koerkamp et al., 1999b) eftersom en sänkt vattenavgång och en låg torrsubstanshalt resulterar i ökad ammoniakbildning (Groot Koerkamp et al., 1995; Groot Koerkamp et al., 1998).

Ammoniakavgången från ströbädden påverkas av ströbäddens kvalitet (Anderson et al., 1964b) och enligt Groot Koerkamp et al. (1995) påverkas ammoniakbildningen från ströbädden även av ströbäddens volym. I den genomförda studien noterades att ströbäddens torrsubstanshalt och kvalitet hade en inverkan på ammoniaknivåerna. I studien av Groot Koerkamp (1994) visade resultaten att ammoniaknivåerna ökade med 5 % per cm ökning av ströbäddstjockleken vid en torrsubstanshalt i ströbädden på 80,5 %. Den genomförda studien tyder på att ströbäddens torrsubstanshalt har större inverkan på ammoniakavgången än vad en begränsad förändring av ströbäddstjockleken har och att en tunn blöt ströbädd avger mer ammoniak än en lite tjockare men torr ströbädd. I den genomförda studien var ströbädden som tunnast där den var kakig och med andra ord hade en låg torrsubstanshalt. Ströbädden längs yttervägg, samt närmast utgödslingskulverten var av sämre kvalitet och kakiga partier förekom. Luften upplevdes som betydligt sämre närmast ingången till stallen. Detta kan förklaras av att det större antalet djur som vistades i detta område bidrog till att ytterligare värme och fukt ansamlades där, ströbädden blev tjockare vilket därmed bidrog till de högre ammoniaknivåerna.

Vid förberedelserna inför det första provtagningstillfället avlägsnades mer strö från stall A2 jämfört med stall A1 där ströbädden under väggredena lämnades på grund av tidsbrist. Stall B1 hade haft problem med kakig ströbädd i yttergångarna innan

vinterprovtagningarna påbörjades men hade börjat återhämta sig vid tiden för första provtagning. Av anledning att ströbädden inte skulle bli sämre igen lämnades därför ströbädden intakt. I stall B2 var och förblev ströbädden i yttergångarna kakig under hela vinterprovtagningen. Båda stallen hade lucker och torr ströbädd vid provtagningen i maj.

I A-stallen noterades att torrsubstanshalten ökade med ökande stalltemperatur. Även om inget samband kunde påvisas till utomhustemperatur i A-stallen är det ändå troligen utomhustemperaturens påverkan på stalltemperatur, ventilationsgrad samt relativ luftfuktighet som främst inverkar på ströbäddens torrsubstanshalt.

Marquardt et al. (1996), Jaroni et al. (1999) och Smith et al. (2000) fann att en förhöjd vattenhalt i träcken skapar problem med ströbädd och stallmiljön. Detta konstaterades i samband med första provtagningstillfället i A-stallen då vattenförbrukningen ökade med ca 50 ml/höna under några dagar vilket fick till följd att ströbädden blev kakig och kletig. I mitten under inredningssystemet, samt närmast ingången till stallet där antalet höns var högre och ströbäddstjockleken var tjockare förblev ströbädden lucker.

I B-stallen uppvisades ett samband mellan torrsubstanshalt och utomhustemperaturen samt den relativa luftfuktigheten i stallet. Torrsubstanshalten ökade med ökande utomhustemperatur och sjunkande relativ luftfuktighet vilket överensstämmer med vad Groot Koerkamp (1994) fann; att vattenavgången från ströbädden påverkades av temperatur, relativ luftfuktighet och lufthastighet. Problematiken med låg torrsubstans i ströbädden och kakbildning uppstår därför ofta vintertid och kan bland annat orsakas av avsaknad av tillskottsvärme (Richert Stintzing & Åkerhielm, 2001), sänkt ventilation och i vissa fall luftläckage (Czarick & Fairchild, 2004). Enligt Groot Koerkamp (1994) och Malgeryd et al. (2002) håller ströbädden i praktiken en torrsubstanshalt på mellan 60 till 80 % men kan snabbt reduceras till följd av lågt ventilationsflöde och förhöjd nivå av relativ luftfuktighet (Weaver & Meijerhof, 1991). Resultaten från den genomförda studien uppvisade ett liknande samband då ströbäddens torrsubstanshalt varierade mellan 60,6 % och 85,3 %. Den lägsta nivån uppmättes när det var som kallast ute och koldioxidnivåerna samt den relativa luftfuktigheten i stallen var som högst. Den högsta nivån uppmättes i maj när det var som varmast ute och torrast i stallen.

### ***Ammoniak***

I stall med frigående höns och regelbunden utgödsling utgör ströbädden den största ammoniakkällan (Groot Koerkamp et al., 1995; Gustafsson & von Wachenfelt, 2000). Den undersökta besättningen hade frigående höns med en ströbäddsyta på 1680 m<sup>2</sup> i A-stallen och 1280 m<sup>2</sup> i B-stallen. Ambitionen att köra utgödslingen dagligen i försöksstallen var inte genomförbart vid samtliga provtagningstillfällen på grund av mekaniska problem varför effekten av daglig utgödsling inte kunde utvärderas. Enligt den undersökta besättningens dagliga rutiner kördes dock utgödslingen tre gånger i veckan varför det ändå kan förutsättas att ströbädden utgjorde den största ammoniakkällan. I både A- och B- stallen uppvisade den genomsnittliga dygnsnivån av ammoniak i stallen ett samband till utomhustemperatur och den relativa luftfuktigheten i stallen vilket också har angetts av Jeppsson & Gustafsson, 2009; Groot Koerkamp, 1994; Groot Koerkamp et al, 1995. Kallt utomhusklimat reducerade ventilationsgraden i stallen vilket gav en hög relativ luftfuktighet som i sin tur resulterade i en lägre torrsubstanshalt i ströbädden. Torrsubstanshalten i sin tur påverkar ammoniakbildningen

och ammoniakavgången varför det negativa sambandet mellan ammoniak och ströbäddens torrsubstanshalt inte är förvånande.

Zuidhof et al. (1993) fann att ventilationsflödet hade en större inverkan på ammoniakkoncentrationen i stallet än vad belägningsgraden hade. I den genomförda studien kan dock tendenser ses till att hönsens fördelning i stallet har en inverkan på ammoniakkoncentrationen. I både A- och B-stallen var provtagningssektionerna belägna i den del av stallen som hade högre relativ luftfuktighet men fristående stickprov (ej redovisade i rapporten) tydde på att ammoniaknivåerna var högre längre upp i stallet. En förklaring till detta kan vara att ströbädden i denna del av stallet var tjockare och belägningsgraden högre samt ventilationsflödet ( $\text{m}^3$  friskluft/höna) lägre, detta i kombination med en högre tillförsel av fukt i form av färsk träck samt en ökad omrörning av ströbädden på grund av hönsens aktivitet resulterade i en sämre luftkvalitet och mer ammoniak.

Trots den högre ventilationsgraden i stall A2 noterades inga skillnader i ammoniak mellan A-stallen totalt sett och inte heller mellan de olika provtagningsstillfällena. I B-stallen noterades att stall B1 hade en lägre genomsnittlig ammoniaknivå totalt sett jämfört med stall B2, inte heller för denna parameter uppvisade stallen likadan respons till utomhusklimatet. Trots att gång 1 (närmast ytterväggen) i båda B-stallen hade en kakig ströbädd noterades ingen skillnad i ammoniak mellan de olika gångarna. Detta kan möjligen bero på att den lite mer luckra ströbädden i gång 2 (under systemet) och gång 3 (närmast hjärtväggen) sammanföll med en observerat högre belägningsgrad vilket resulterade i ökad ammoniakavgång. Den tunna, kakiga, ströbädden närmast ytterväggen orsakade inte högre ammoniaknivåer då stalltemperaturen och hönsens aktivitet i den delen av stallet var lägre.

Liksom i studierna av Länsstyrelsen Östergötland (2012) och Nimmermark (2007) konstaterades att samtliga 24 uppmätta ammoniakvärden i A-stallen var 10 ppm eller högre, endast tre av de uppmätta värdena i A-stallen var 10 ppm. Under vinterprovtagningarna i B-stallen var 19 av 24 uppmätta värden över 10 ppm med de lägsta nivåerna i stall B1. Vid provtagningen i maj hade båda B-stallen ammoniaknivåer på under 2 ppm, vilket tydligt visar på effekten av ett mildare utomhusklimat och torrare stallluft.

### ***Produktionsparametrar***

I den genomförda studien insamlades produktionsdata från dagen efter varje provtagning för att utröna om någon eventuell effekt av luftkvaliteten kunde ses på produktionsparametrarna. Anledningen till att produktionsdatan insamlades efterföljande dag var för att se om något samband kunde ses mellan exempelvis antal producerade ägg och ammoniak (äggbildningen tar ca ett dygn). Även foder- och vattenförbrukning för provtagningsstillfället erhöles efterföljande dag. Inga statistiskt säkra samband mellan luftkvalitet och produktionsparametrar kunde erhållas i denna studie. För att kunna analysera effekten av luftkvalitet på produktionsparametrar hade fler och mer regelbundna mätningar och registreringar av luftkvalitet och produktionsparametrar behövt göras. Insamling av data under en hel produktionsperiod samt jämförelse av olika åldrar hos hönsen hade kunnat visa på eventuell skillnad i känslighet för luftkvalitet. Effekten av insättning av unghöns under vintern hade kunnat analyseras för att se om

någon effekt kunde ses på produktionen när hönsen vistades i stallet under två vinterperioder jämfört med vid insättning under sommaren.

Även om inga samband kunde erhållas mellan luftkvalitetsparametrar och produktionsparametrar i denna studie innebär detta inte att dessa samband inte fanns. Exempelvis visar studier av Payne (1966) och Davis et al. (1973) att stalltemperaturen har en påverkan på foderförbrukning där en ökad foderförbrukning erhöles vid en reducerad stalltemperatur. Studier som gjorts på produktionseffekten av ammoniak har visat att den toxiska effekten av ammoniak är kopplad till både koncentration och exponeringstid (Anderson et al., 1964a). I den genomförda studien återfanns inget samband mellan ammoniaknivåerna vid provtagning och antal döda höns under efterföljande dag. I studien av Deaton et al. (1984) ökade inte dödligheten hos hönsen förrän 28 dagar efter exponeringens avslutande. I de studier som gjorts på produktionseffekten av ammoniak (Charles & Payne, 1966a; Charles & Payne, 1966b; Deaton et al., 1982) har hönorna exponerats för nivåer av ammoniak på mellan 52,6 och 200 ppm vilket är betydligt högre jämfört med de uppmätta nivåerna i den genomförda studien vilket kan förklara varför inga signifikanta samband noterades. Dock påpekade Charles & Payne (1966b) att med en lång exponeringstid av ammoniak i kombination med exponering för damm skulle produktionseffekterna kunnat bli tydligare även vid lägre ammoniaknivåer än 52,6 ppm.

## Checklistan

Den genomförda studien koncentrerades till en besättning med fyra provtagningar per stall vilket ger ett litet dataurval och resultaten kan därför inte sägas gälla för alla besättningar med frigående höns i flervåningssystem utan tillsatsvärme. Dock ger resultaten en indikation på hur väl checklistan fungerar som verktyg för att reducera luftkvalitetsproblem vid avsaknad av tillsatsvärme samt vilka problem som kan tänkas uppkomma vintertid. Utvärderingen av Checklistan koncentreras till A-stallen. Detta eftersom skillnader i resultat mellan B-stallen inte kan härledas till checklistan då samma åtgärder vidtagits i båda stallen. Skillnaderna i resultat mellan dessa stall berodde främst på problematiken med vajeranslutningen till spjällen.

En av de ingående punkterna i checklistan är tillsatsvärme och det nämns att det viktigaste för att undvika problem med stallklimatet är att tillgodose värmebehovet och erhålla kontrollerade lufrörelser. Besättningen i den genomförda studien saknade tillsatsvärme varför det första viktiga kriteriet inte uppfylls och därmed försämras möjligheten att erhålla de kontrollerade lufrörelserna. Enligt Checklistan bör ventilationsanläggningen jobba på minst 20 % av sin kapacitet. Vid samtliga provtagningstillfällen i A-stallen noterades att ventilationen jobbade på under 20 % av den maximala kapaciteten. Den låga ventilationsnivån leder till svårigheter att uppnå de korrekta lufrörelserna för att fördela friskluften till hela djurutrymmet. Detta förklarar varför koldioxidnivåerna vid samtliga provtagningarna i A-stallen låg över gränsvärdet på 3000 ppm.

För att reducera nivåerna koldioxid, fukt och ammoniak bör luftomsättningen i stallet ökas genom att tillföra värme och/eller sänka stalltemperaturen enligt checklistan. Med

detta menas alltså att stalltemperaturen får reduceras för att öka ventilationsflödet. I försöksstall A2 reducerades börvärdet för stalltemperaturen med 1 °C jämfört med kontrollstallet vilket resulterade i en lägre koldioxidnivå. Dock låg koldioxidnivåerna fortfarande över gränsvärdet på 3000 ppm. Temperatursänkningen resulterade inte i någon skillnad gällande relativ luftfuktighet och ammoniak mellan stallen. Dessa resultat tyder alltså på att temperatursänkningen inte var tillräcklig för att erhålla ett tillräckligt ventilationsflöde.

Reglering av stallklimatet försvåras ytterligare av att belägningsgraden i stallen i teorin inte är densamma som i realiteten då hönsens i frigående system själva kan välja var i stallen de vill befinna sig. En viktig del i den dagliga rutinen är därför att observera hur hönsen är fördelade och hur de agerar i stallen. Ojämna temperaturer i stallen ökar risken för att hönsen samlas i den del av stallen som ligger närmast ett uppvärmt utrymme och som håller en något högre temperatur. Vid avsaknad av tillsatsvärme kan detta få till följd att de delar av stallen som redan har en låg temperatur kyls ner ytterligare. Samtidigt kommer luftkvaliteten i den del av stallen där majoriteten av hönsen befinner sig att försämrast. Tillsatsvärme underlättar att bibehålla ett lämpligt ventilationsflöde vilket håller koncentrationen av luftföroreningar under kontroll och bör därmed bidra till ett jämnare stallklimat och jämnare beläggning av hönsen

Checklistan är lämplig att använda för att lära känna ventilationsanläggningen, den indikerar vilka åtgärder som bör vidtas när problem med luftkvaliteten uppstår och kan användas vid förebyggande åtgärder. I stall med värmeunderskott och avsaknad av tillsatsvärme leder dock kalla utomhusförhållanden till att det uppstår svårigheter att bibehålla ett lämpligt ventilationsflöde i stallen och risken för försämrad luftkvalitet ökar. I dessa typer av stall ställs högre krav på att personalen kan hantera och justera ventilationen utifrån rådande stall och utomhusförhållanden och mer tid kan förväntas åtgå för att justera ventilationen. Luftkvaliteten i dessa typer av stall kan dock inte förväntas bli bra enbart genom att vidta de åtgärder som checklistan rekommenderar eftersom de inte kan tillgodose värmebehovet och erhålla kontrollerade luftströrelser.

## SLUTSATS

I den genomförda studien hade utomhustemperaturen en påverkan på stalltemperatur, golvtemperatur, relativ luftfuktighet, torrsbstanshalt i ströbädden samt ammoniak. Även stalltemperaturen och djurens fördelning i stallet påverkades i denna studie tydligt av låga utomhustemperaturer. Studien visar på vikten av en korrekt injusterad ventilationsanläggning för att ha så goda förutsättningar som möjligt att kunna reglera ventilationen på ett optimalt sätt.

- I försöksstall A2 erhöles lägre koldioxidnivåer, men även lägre stalltemperatur genom tillämpande av checklistan. Ingen signifikant skillnad noterades mellan A-stallen gällande relativ luftfuktighet, ströbäddens torrsbstanshalt eller ammoniak trots tillämpande av checklistan.
- I B-stallen kunde effekten av checklistan inte utvärderas då åtgärder enligt checklistan vidtogs i båda stallen till följd av dålig luftkvalité. Samma åtgärder vidtogs i båda stallen och samma börvärde ställdes in för stalltemperaturen. Trots detta erhöles lägre stalltemperatur och koldioxidnivå samt högre relativ luftfuktighet och ammoniak i försöksstall B2 jämfört med kontrollstall B1.
- Trots vidtagna åtgärder enligt checklistan uppmättes nivåer av koldioxid, relativ luftfuktighet och ammoniak över de angivna gränsvärdena.
- Enbart tillämpning av checklistan i stall för frigående värphöns med flervåningssystem, värmeunderskott och avsaknad av tillsatsvärme kan inte anses vara tillräckligt för att erhålla god luftkvalitet med nivåer av koldioxid, relativ luftfuktighet och ammoniak under de angivna gränsvärdena.
- Vid kallt utomhusklimat då risken finns att spjällen till fläktarna går trögt att justera är en gummerad stålvaier till spjällmotorn att föredra framför en vaier helt i stål för att undvika problem med ojämna spjäll och ett ojämnt stallklimat.
- Regelbunden justering av undertryck, börvärde för stalltemperatur samt spjäll är nödvändiga under vintermånaderna för att erhålla lämpligt ventilationsflöde.
- Utomhustemperaturen hade en påverkan på samtliga luftkvalitetsparametrar till följd av värmeunderskottet i stallet. Med sjunkande utomhustemperatur ökade koldioxidnivåerna och den relativa luftfuktigheten, ströbäddens torrsbstanshalt reducerades och ammoniaknivåerna ökade. Tillsatsvärme underlättar att bibehålla ett lämpligt ventilationsflöde vilket håller koncentrationen av luftföroreningar under kontroll och bör därmed bidra till ett jämnare stallklimat och jämnare beläggning av hönsen.
- Luftkvalitén i stall med värmeunderskott och utan tillsatsvärme kan inte förväntas bli bra, med nivåer under gränsvärdena, enbart genom att vidta de

åtgärder som checklistan rekommenderar eftersom de inte kan tillgodose värmebehovet och erhålla kontrollerade luftrörelser.

Vidare studier:

- Effekten av tillsatsvärme bör studeras vidare och kostnaden för installation och drift bör ställas mot kostnaden för ökad foderförbrukning i stall som saknar tillsatsvärme. För att vidare utreda checklistan bör den tillämpas i stall med tillsatsvärme och luftkvalitén bör jämföras med stall som tillämpar checklistan och saknar tillsatsvärme. Jämförelser skulle även kunna göras mellan olika ventilationssystem (undertryckssystem och neutraltryckssystem) för att se om något av dem genererar bättre luftkvalitet.
- För vidare studier av luftkvaliténs påverkan på produktionen bör studier göras under en hel produktionsperiod. Jämförelse av olika åldrar hos hönsen bör inkluderas för att kunna visa på eventuell skillnad i känslighet för luftkvalitet. Även effekten av insättning av unghöns under vintern hade kunnat analyseras för att se om någon effekt kunde ses på produktionen när hönsen vistades i stallet under två vinterperioder jämfört med vid insättning under sommaren.



## REFERENSER

- Al-Saffar, A.A., Rose, S.P. (2002) *Ambient temperatures and egg laying*. World's Poultry Science Journal 58, 317-331.
- Anderson, D.P., Beard, C.W., Hanson, R.P. (1964a) The adverse effect of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease Virus. Avian Diseases 8, 369-379.
- Anderson, D.P., Chermes, F.L., Hanson, R.P. (1964b) *Studies of measuring the environment of turkeys raised in confinement*. Poultry Science 43, 305-318.
- Barnes, H. J., Vaillancourt, J. P., Gross, W. B. (2003) *Colibacillosis*. In Y. M. Saif (Ed.), Diseases of poultry, 11th ed., 631- 656.
- Bedford, M.R., Morgan, A.J. (1996) *The use of enzyme in poultry diets*. World's Poultry Science Journal 52, 61-68.
- Bengtsson, L. (2001) *U-värdesberäkning*. Undervisningskompendium. Institutionen för jordbrukets Biosystem och teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Bergendahl, K., Roberts, S. (2006). *Nutritional strategies to reduce ammonia emissions from laying hens*. Proc. Midwest Poultry Federation Convention, St. Paul, MN. March 21-23.
- Campos, A.C., Wilcox, F. H., Shaffner, C.S. (1962) The influence of fast and slow drops in ambient temperature on egg production traits. Poultry Science 41, 856-865.
- Carlile, F.S. (1984) *Ammonia in poultry house: a literature review*. World's Poultry Science Journal 40, 99-113.
- Charles, D.R., Payne, C.G. (1966a) *The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. I. Effects on respiration and on the performance of broilers and replacement growing stocks*. British Poultry Science 7, 177-186.
- Charles, D.R., Payne, C.G. (1966b) *The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. II. Effects on the performance of laying hens*. British Poultry Science 7, 189-198.
- Czarick, M. Lacy, M.P. (1997) *Controlling litter moisture*. Poultry housing tips 9, 1-3. The university of Georgia, cooperative extension service. College of Agricultural and Environmental Science.
- Czarick, M., Fairchild, B. (2001) *Environmental controller temperature sensor placement*. Poultry housing tips 13, 1-5. The university of Georgia, cooperative extension service. College of Agricultural and Environmental Science

- Czarick, M., Fairchild, B. (2004) *Leakage and litter caking*. Poultry housing tips 16, 1-4. The university of Georgia, cooperative extension service. College of Agricultural and Environmental Science.
- Czarick, M., Fairchild, B., Dartnell, D. (2008) *Alternative heating systems...an overview*. Poultry housing tips 20, 1-6. The university of Georgia, cooperative extension service. College of Agricultural and Environmental Science.
- Davis, R.H., Hassan, O.E.M., Sykes, A.H. (1973) *Energy utilization in the laying hen in relation to ambient temperature*. The Journal of Agricultural Science 80, 173-177.
- Deaton, J.W., Reece, J.W., McNaughton, J.L., Lott, B.D. (1981) *Effect of differing temperature cycles on egg shell quality and layer performance*. Poultry science 60, 733-737.
- Deaton, J.W., Reece, F.N., Lott, B.D. (1982) *Effect of atmospheric ammonia on laying hen performance*. Poultry Science 61, 1815-1817.
- Deaton, J.W., Reece, F.N., Lott, B.D. (1984) *Effect of atmospheric ammonia on pullets at point of lay*. Poultry Science 63, 384-385.
- Dehlin, S. (2007) *Kväveeffekt av kycklinggödsel*. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 10 och 11 december 2008.
- Emery, D.A., Vohra, P., Ernst, R.A. (1984) The effect of cyclic and constant ambient temperature on feed consumption, egg production, egg weight, and shell thickness of hens. Poultry Science 63, 2027-2035.
- Green, A.R., Wesley, I., Trampel, D.W., Xin, H. (2009) *Air quality and bird health status in three types of commercial egg layer houses*. The Journal of Applied Poultry Research 18, 605-621.
- Groot Koerkamp, P.W.G (1994) Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. Journal of Agricultural Engineering Research 59, 73-87.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Keen, A., Van Niekerk, Th.G.C.M., Smit, S. (1995) The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from battery cages and an aviary housing system for laying hens. Netherlands Journal of Agricultural Science 43, 351-373.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Bleijenberg, R. (1998) Effect of type of aviary, manure and litter handling on the emission kinetics of ammonia in poultry house. British Poultry Science 39, 379-392.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L., Metz, J.H.M. (1998) Litter composition and ammonia emission in aviary houses for laying hens: Part I, Performance of a litter drying system. Journal of Agricultural Engineering Research 70, 375-382.

- Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L., Metz, J.H.M. (1999a) *Litter composition and ammonia emission in aviary houses for laying hens: Part II, Modelling the evaporation of water*. Journal of Agricultural Engineering Research 70(4), 353-362.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L., Metz, J.H.M. (1999b) *Litter composition and ammonia emission in aviary houses for laying hens: Part III, Water flow to the litter through fresh droppings*. Journal of Agricultural Engineering Research 73, 363-371.
- Gustafsson, G., von Wachenfelt, E. (2000) *Ammonia extraction by ventilation of loose-housing systems for laying hens*. Journal of Agricultural Engineering Research 75, 17-25.
- Harry, E.G. (1978) *Air pollution in farm buildings and methods of control: A review*. Avian Pathology 7, 441-454.
- Ivoš, J., Asaj, A., Marjanović, Madžirov, Ž. (1966) *A contribution to the hygiene of deep litter in the chicken house*. Poultry Science 45, 676-683.
- Jaroni, D., Scheideler, S.E., Beck, M.M., Wyatt, C. (1999) *The effect of dietary wheat middlings and enzyme supplementation II: Apparent nutrient digestibility, digestive tract size, gut viscosity, and gut morphology in two strains of Leghorn hens*. Poultry Science 78, 1664-1674.
- Jeppsson, K-H., Gustafsson, G. (2009) *Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniakemissioner från djurstallar*. Rapport 2009:12. Lantbrukets Byggnadsteknik (LBT), Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Kocaman, B., Esenbuga, N., Yildiz, A., Laçin, E., Macit, M. (2006) *Effect of environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens*. International Journal of Poultry Science 5, 26-30.
- Kristensen, H.H., Burgess, L.R., Demmers, T.G.H., Wathes, C.M. (2000) *The preference of laying hens for different concentrations of atmospheric ammonia*. Applied Animal Behaviour Science 68, 307-318.
- Liu, Z., Powers, W., Karcher, D., Angel, R., Appelgate, T.J. (2011) *Effect of amino acid formulation and supplementation on nutrient mass balance in turkeys*. Poultry Science 90, 1153-1161.
- Long, J., Dale, A.C., Harrington, R.B., Johnson, R.L. (1966) *The influence of selected temperatures and ventilation rates on egg production*. Poultry Science 45, 58-65.
- Länsstyrelsen Östergötland (2012) *Djurskyddskontroll i fjäderfäanläggningar- En sammanställning*. Rapport nr: 2012:13. Länsstyrelsen Östergötland, Linköping.

- Malgeryd, J., Åkerhielm, H., Richert Stintzing, A., Elmquist, H. (2002) *Höns gödsel till vårsäd – växtnäringseffekt och efterverkan*. JTI-Institutionen för jordbruk och miljöteknik, Uppsala.
- Marsden, A., Morris, T.R. (1987) Quantitative review of the effects of environmental temperature on food intake, egg output and energy balance in laying pullets. *British Poultry Science* 28, 693-704.
- Marquardt, R.R., Brenes, A., Zhang, Z., Boros, D. (1996) *Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs*. *Animal Feed Science Technology* 60, 321-330.
- Miller, P.C., Sunde, M.L. (1975) The effects of precise constant and cyclic environments on shell quality and other lay performance factors with leghorn pullets. *Poultry Science* 54, 36-46.
- Mueller, W.J. (1961) The effect of constant and fluctuating environmental temperatures on the biological performance of laying pullets. *Poultry Science* 40, 1562-1571.
- Nahm, K.H. (2007) Review: Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. *Bioresource Technology* 98, 2282-2300.
- Ni, J-Q., Heber, A.J. (2001) *Sampling and measurement of ammonia concentration at animal facilities- a review*. Paper 01-4090. In Proceedings of the ASAE Annual Int. Meeting; Sacramento, CA, 1-34.
- Nimmermark, S., Gustafsson, G. (2005) Influence of temperature, humidity and ventilation rate on the release of odour and ammonia in a floor housing system for laying hens. *Agricultural Engineering International VII*, 1-14.
- Nimmermark, S., Eduard, W., Gustafsson, G., Lund, V. (2007) *Luftkvalitet i norske hus for verpehøns*. Trondheim, Veterinærinstituttet, Norge.
- Nimmermark, S., Lund, V., Gustafsson, G., Eduard, W. (2009) *Ammonia, dust and bacteria in welfare-oriented systems for laying hens*. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 16, 103-113.
- Odelros, Å., Hermansson, A. (2011) Djurvänlig och konkurrenskraftig äggproduktion i Sverige- Nulägesanalys. SFS Svenska Ägg, Åsa Odelros AB.
- Olesen, J.E., Sommer, S.G. (1993) Modelling effects of wind speed and surface cover on ammonia volatilization from stored pig slurry. *Atmospheric Environment* 27, 2567-2574.
- Oyetunde, O. O. F., Thomson, R. G., Carlson, H. C. (1978) *Aerosol exposure of ammonia dust and Escherichia coli in broiler chickens*. *Canadian Veterinary Journal* 19, 187-193.
- Payne, C.G. (1966) *Practical aspects of environmental temperature for laying hens*. *World's Poultry Science Journal* 22, 126-139.

- Quarles, C.L., Kling, H.F. (1974) Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality. *Poultry Science* 53, 1592-1596.
- Richards, S.A. (1977) The influence of loss of plumage on temperature regulation in laying hens. *Journal of Agricultural Science* 89, 393-398.
- Richert Stintzing, A., Åkerhielm, H. (2001) *Fjäderfärgödsel- En kunskapssammanställning*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Roberts, S.A., Xin, H., Kerr, B.J., Russell, J.R., Bregendahl, K. (2007). *Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure*. *Poultry Science* 86, 1625–1632.
- Rothrock, M.J., Cook, K.L., Warren, J.G., Eiteman, M.A., Sistani, K. (2010) *Microbial mineralization of organic nitrogen forms in poultry litters*. *Journal of Environmental* 39, 1848-1857.
- SJV (2005) *Fjäderfärgödsel- en värdefull resurs*. Jordbruksinformation 13. Jordbruksverket, Jönköping.
- SJV (2007) Sammanställning av lagstöd med kommentarer till verksamhetskrav för djurskydd: Animalieproduktionens djur (utom nötkreatur och gris). Jordbruksverket, Jönköping.
- Smith, A., Rose, S.P., Wells, R.G., Pirgozliev, V. (2000) Effect of excess dietary sodium, potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. *British Poultry Science* 41, 598-607.
- SJVFS- Statens jordbruksverks förvattningssamling (2010) *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbrukets djur m.m.* SJVFS 2010:15 Saknr L100, Statens jordbruksverk, Jönköping
- Sterling, K.G., Bell, D.D., Pesti, G.M., Aggrey, S.E. (2003) *Relationship among strain, performance, and environmental temperature in commercial laying hens*. *Journal of Applied Poultry Research* 12, 85-91.
- Svensk Standard (1992) Lantbruksbyggnader- Ventilation, uppvärmning och klimatanalys i värmeisolerade djurstallar- Beräkningsregler. SS 95 10 50 utgåva 2, Standardiseringskommissionen i Sverige, Stockholm.
- Sällvik, K., Ehrlemark, A. (2007) *Fuktig luft*. Undervisningskompendium Lantbrukets byggnadsteknik. 1-8.
- Sällvik, K., Ehrlemark, A. (2010) *Klimatisering och ventilation i djurstallar*. Undervisningskompendium Lantbrukets byggnadsteknik. 1-91.
- Thiele, H-H., Pottgüter, R. (2008) Management Recommendations for Laying Hens in Deep Litter, Perchery and Free Range Systems. *Lohmann Information* 43. 53-63.
- Visek, W.J. (1984) Ammonia: Its effects on biological systems, metabolic hormones, and reproduction. *Journal of Dairy Science* 67, 481-498.

- Valentine, H. (1964) A study of the effect of different ventilation rates on the ammonia concentrations in the atmosphere of broiler houses. *British Poultry Science* 5, 149-159.
- Wang, Y.M., Meng, Q.P., Guo, Y.M., Wang, Y.Z., Wang, Z., Yao, Z.L., Shan, T.Z. (2010) *Effect of atmospheric ammonia on growth performance and immunological response of broiler chickens*. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9(22), 2802-2806.
- Wathes, C.M., Holden, M.R., Sneath, R.W., White, R.P., Philips, V.R. (1997) Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science* 38, 14-28.
- Weaver, W.D.JR, Meijerhof, R. (1991) The effect of different levels of relative humidity and airmovement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science* 70, 746-755.
- Whitehead, D.C. & Raistrick, N. (1991) Effects of some environmental factors on ammonia volatilization from simulated livestock urine applied to soil. *Biology and Fertility of Soils* 11, 279-284
- Zuidhof, M.J., Feddes, J.J.R., Robinson, F.E., Riddell, C. (1993) *Effect of ventilation rate and stocking density on turkey health and performance*. *Journal of Applied Poultry Research* 2, 123,129.

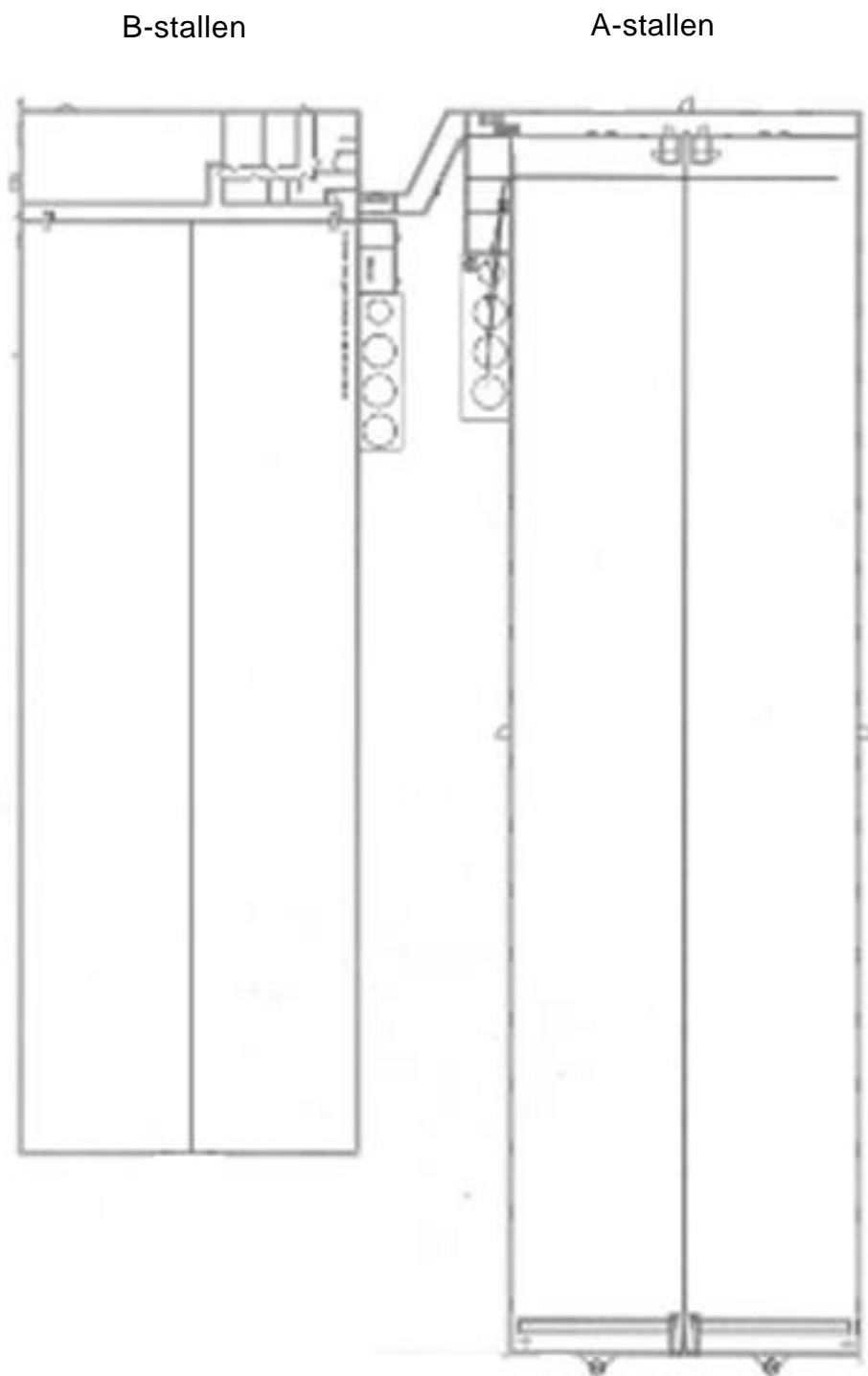
## INTERNETKÄLLOR:

- Fjäderfäcentrum (2012) *Checklista ventilation i fjäderfästallar*.  
[http://www.fjaderfacentrum.se Rapporter/Checklista ventilation i fjäderfästallar](http://www.fjaderfacentrum.se/Rapporter/Checklista%20ventilation%20i%20fjaderfästallar). [2013-08-12]

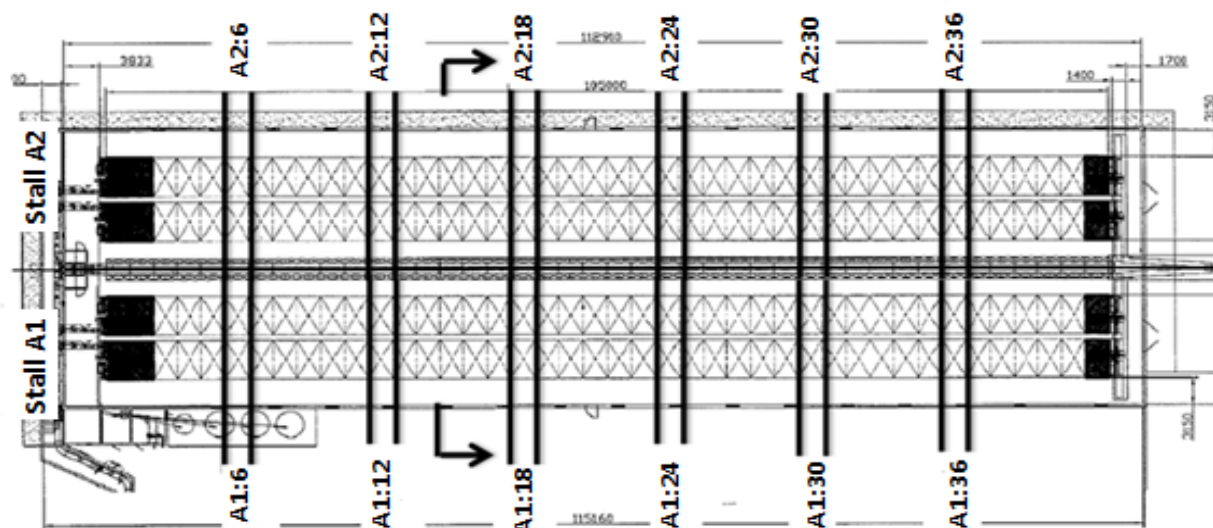
## MUNTliga KÄLLOR:

- Nimmermark, S. (2013) personligt meddelande 2013-05-15.

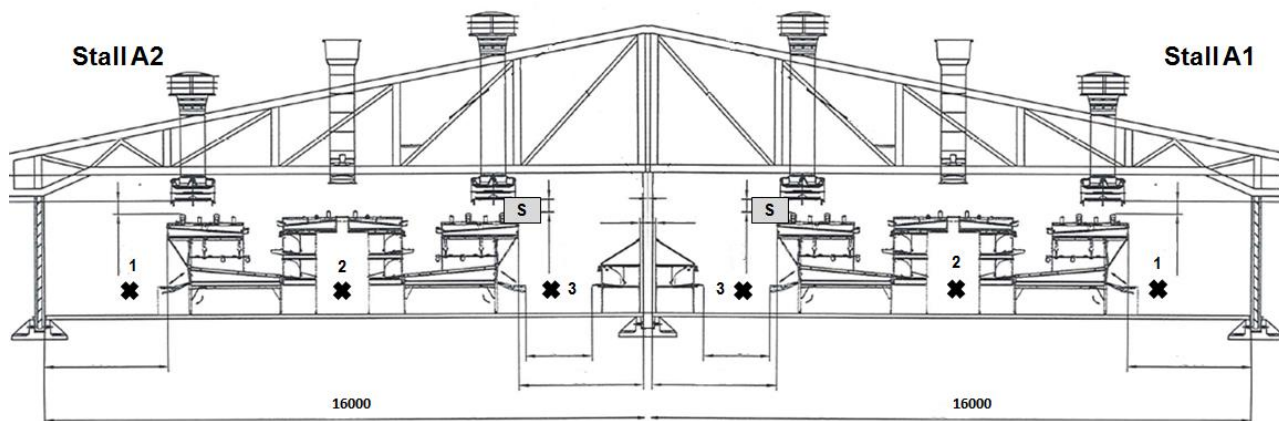
## BILAGOR



Figur 23. Placeringen av A- stallen i förhållande till B-stallen.

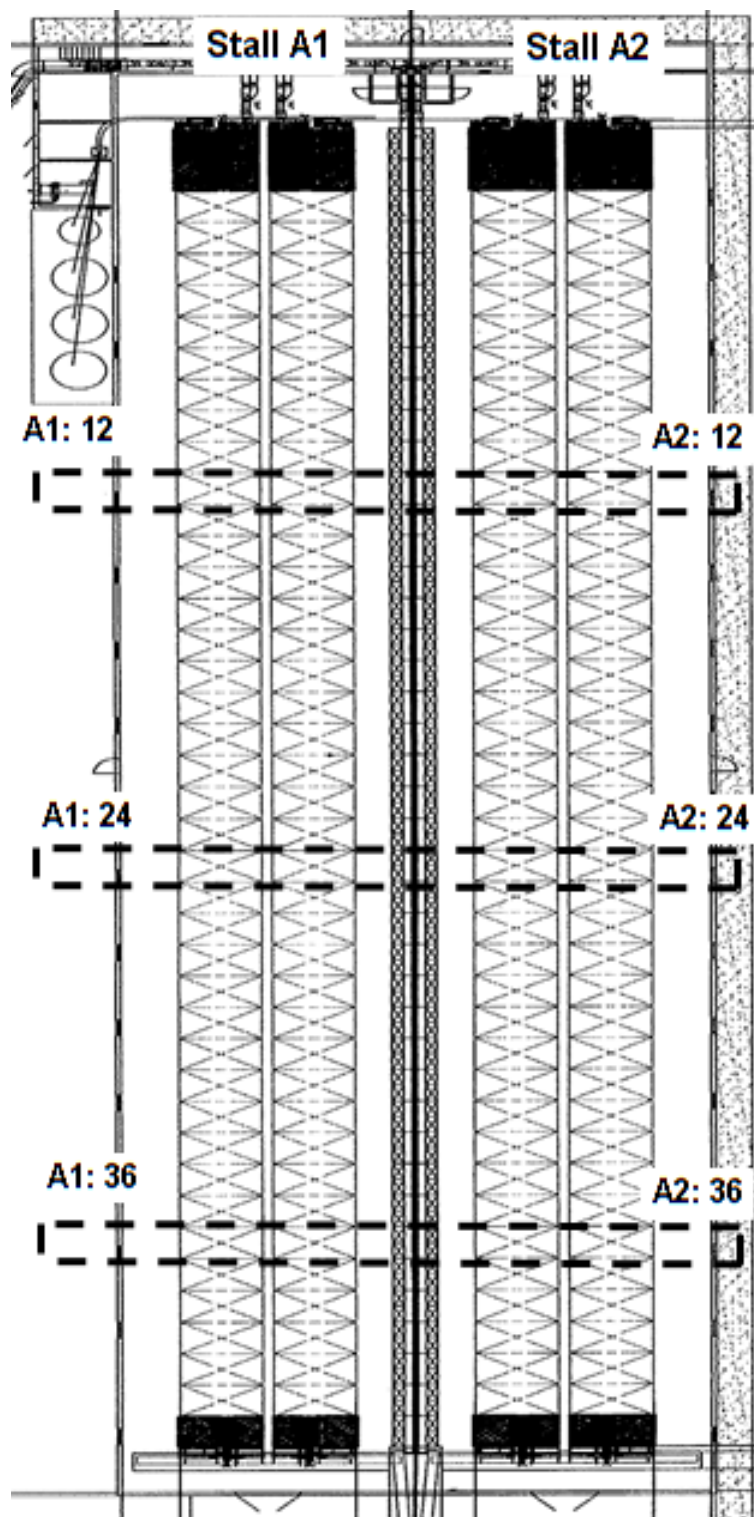


Figur 24. Planritning över stall A1 och A2 med de olika sektionerna för provtagning utmarkerade.

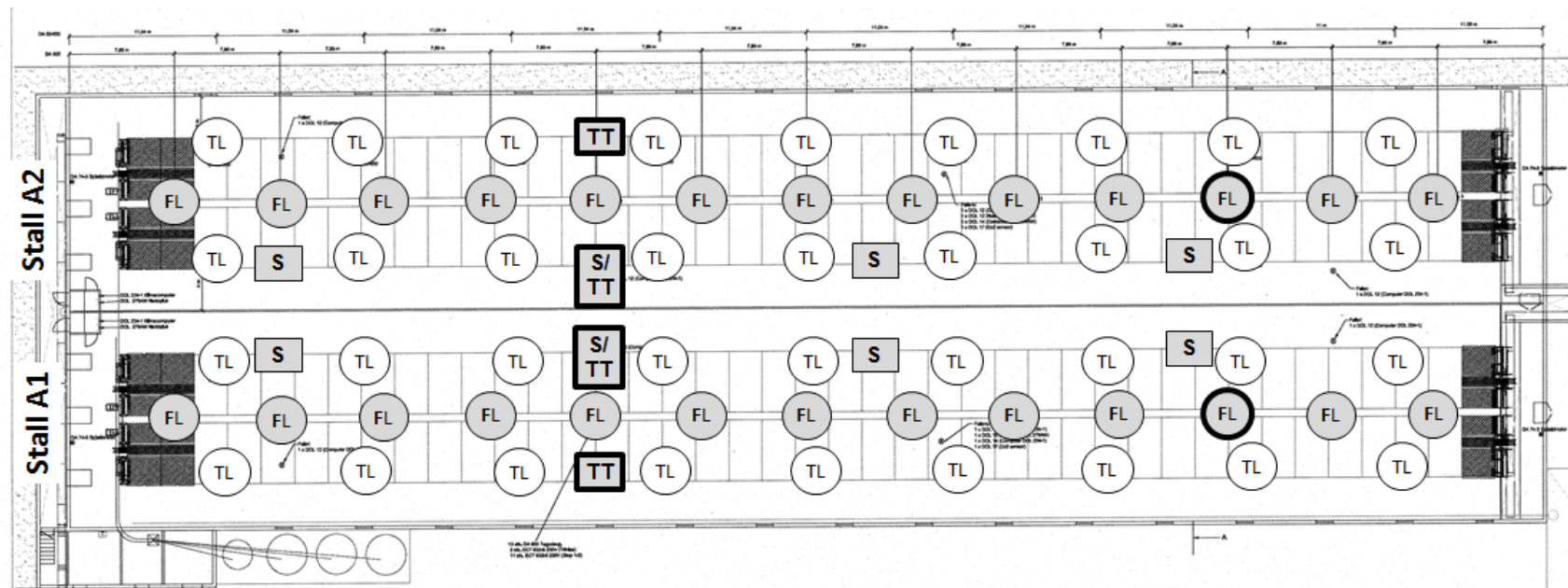


Figur 25. Sektionsskiss av stall A1 och A2. Provtagningsplatserna inom varje sektion är utmarkerade med ett X. Sensorn i stallen är utmarkerade med ett S.

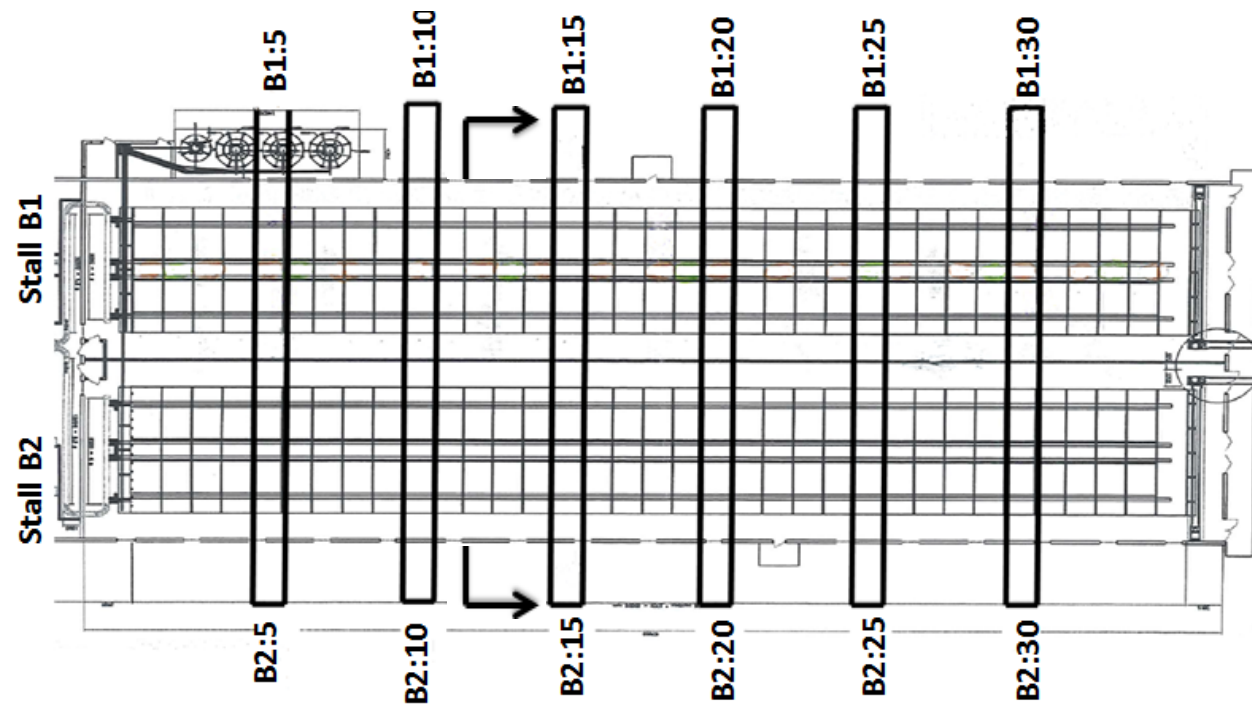




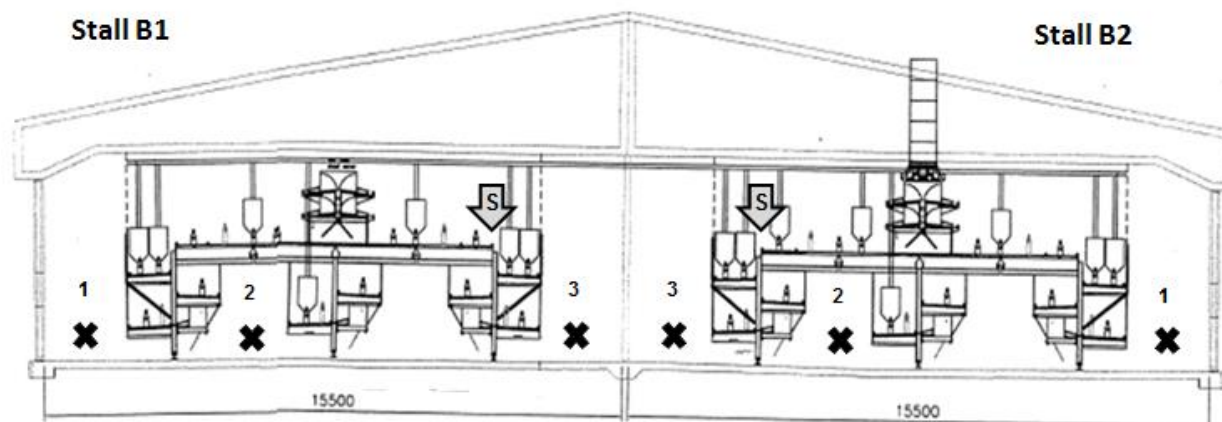
Figur 26. Sektionerna i stall A1 och A2 där ströbäddsprover insamlades samt ströbäddstjocklek och golvtemperatur mättes.



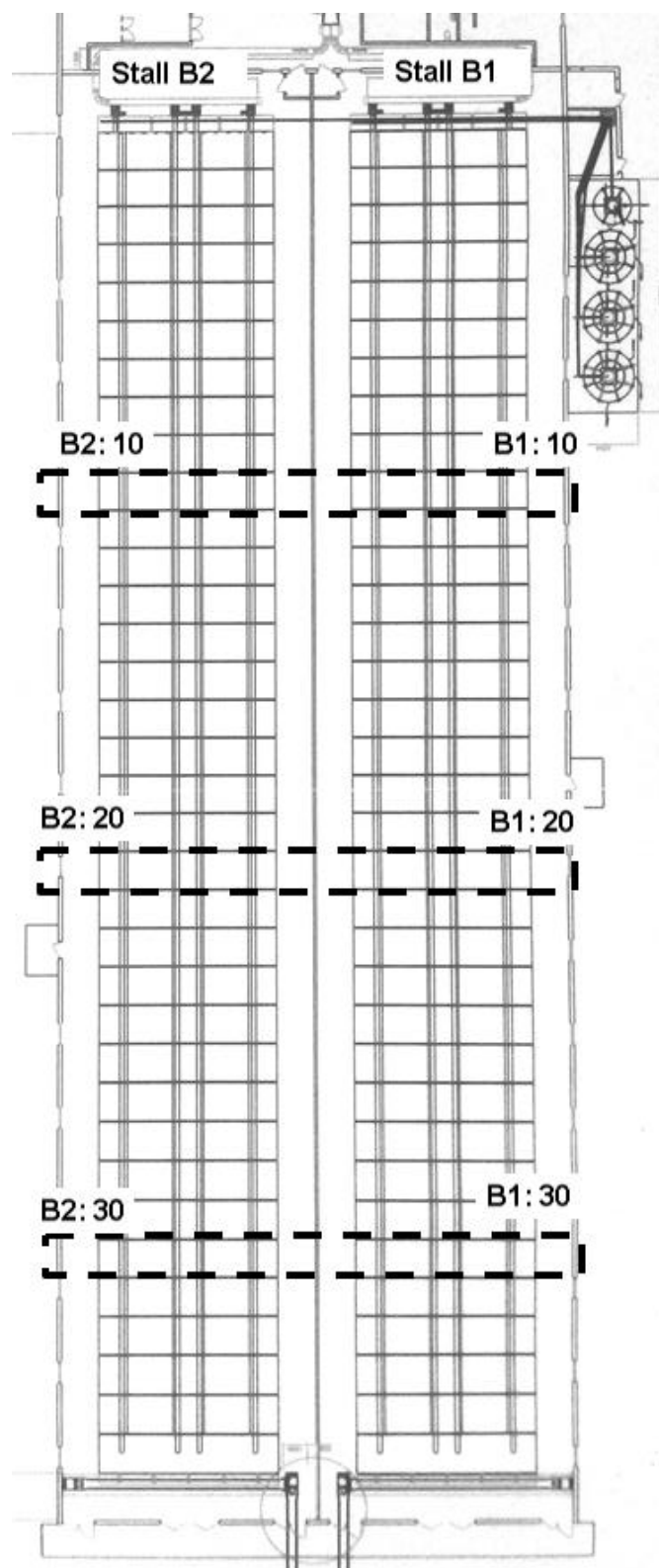
Figur 27. Placeringen av tilluftsdon (TL), frånluftsfläktar (FL) samt placeringen av sensorerna (S) i stall A1 och A2. Momentanprov och långtidsregistrering av ammoniak gjordes i frånluftsfläktar markerade med fet linje. En Tinytag (S/TT) var placerade vid sensorer markerade med fet linje. Den andra var placerad på motsatt sida av systemet (TT).



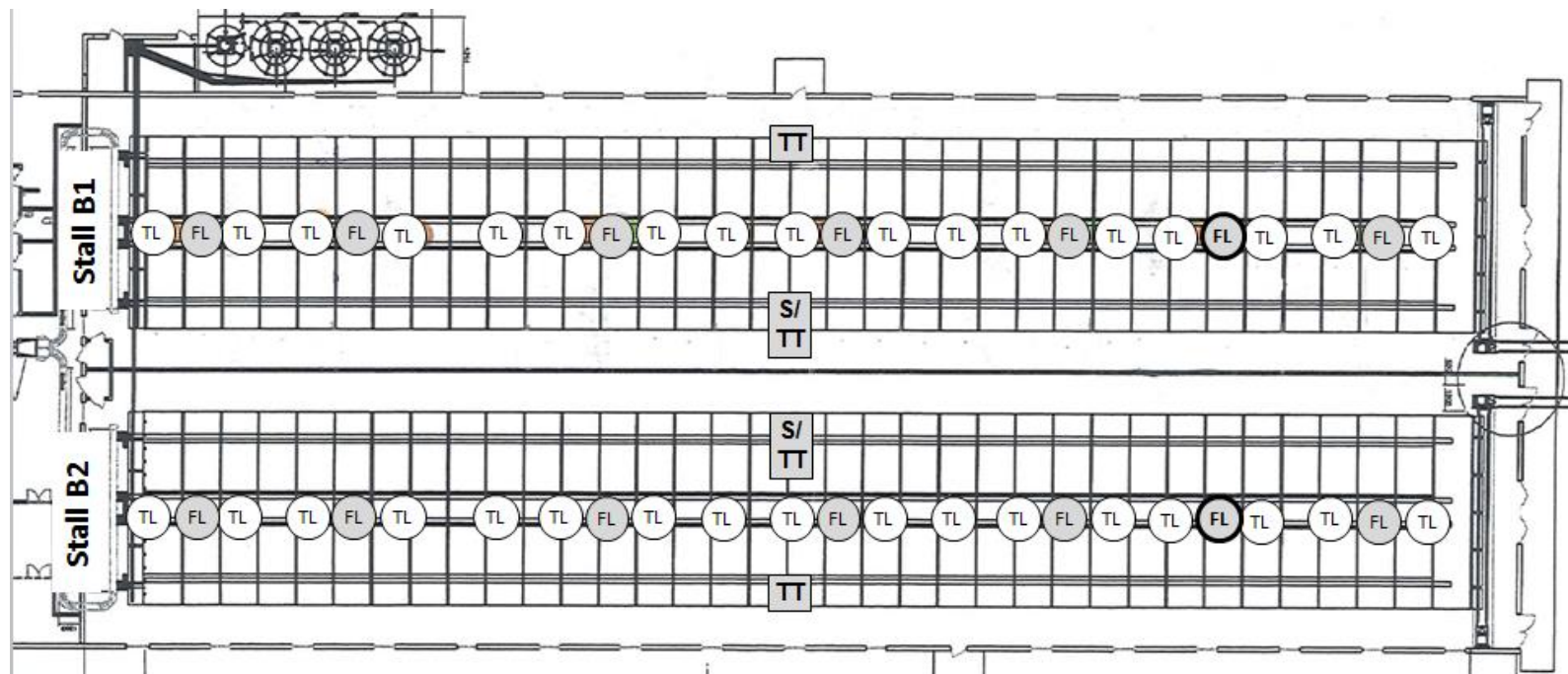
Figur 28. Planritning över stall B1 och B2 med de olika sektionerna för provtagning.



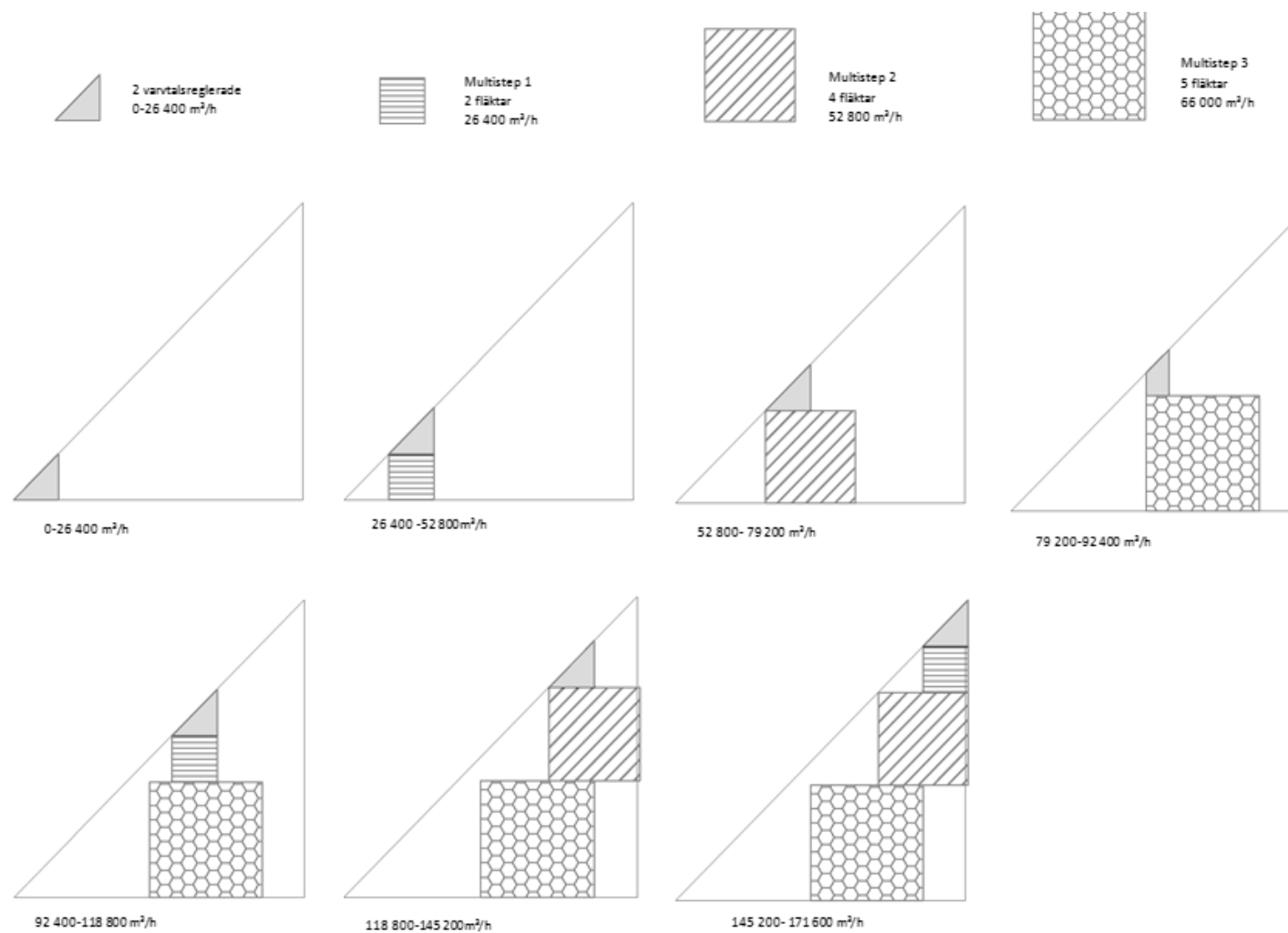
Figur 29. Sektionsskiss av stall B1 och B2. Provtagningsplatserna inom varje sektion är utmarkerade med ett X. Sensorn i stallen är utmarkerade med ett S.



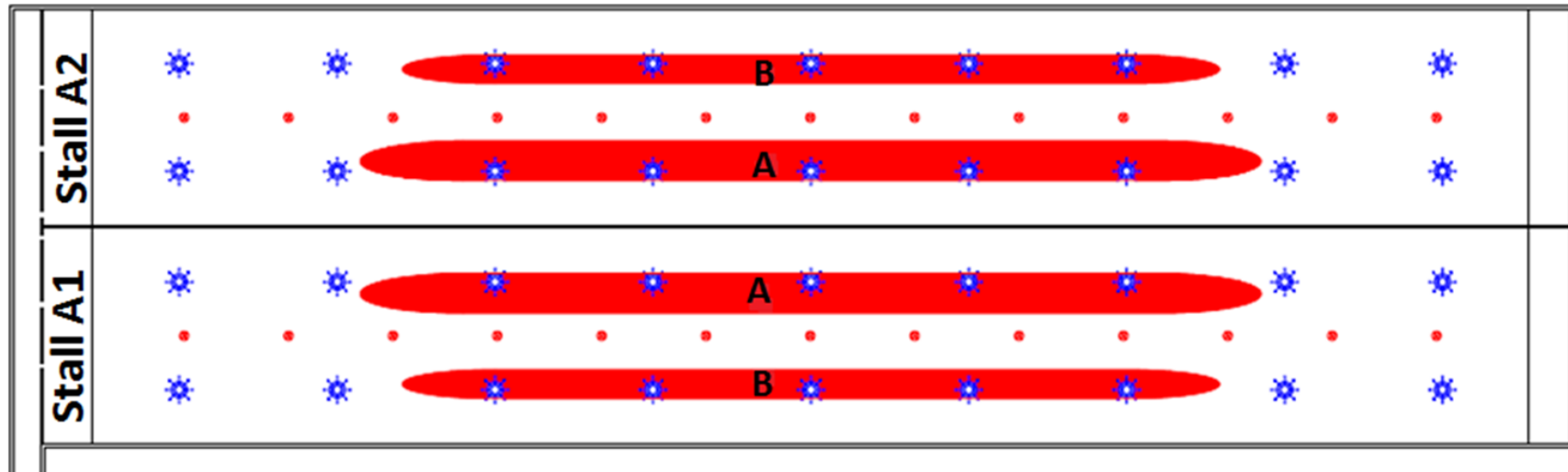
Figur 30. Sektionerna i stall B1 och B2 där ströbäddsprover insamlades samt ströbäddstjocklek och golvtemperatur mättes.



Figur 31. Placeringen av tilluftsdon (TL), frånluftsfläktar (FL) samt placeringen av sensorerna (S) i stall B1 och B2. Momentanprov och långtidsregistrering av ammoniak gjordes i frånluftsfläktar markerade med fet linje. En Tiny tag var placerad vid sensorn (S/TT) och den andra på motsatt sida av systemet (TT).

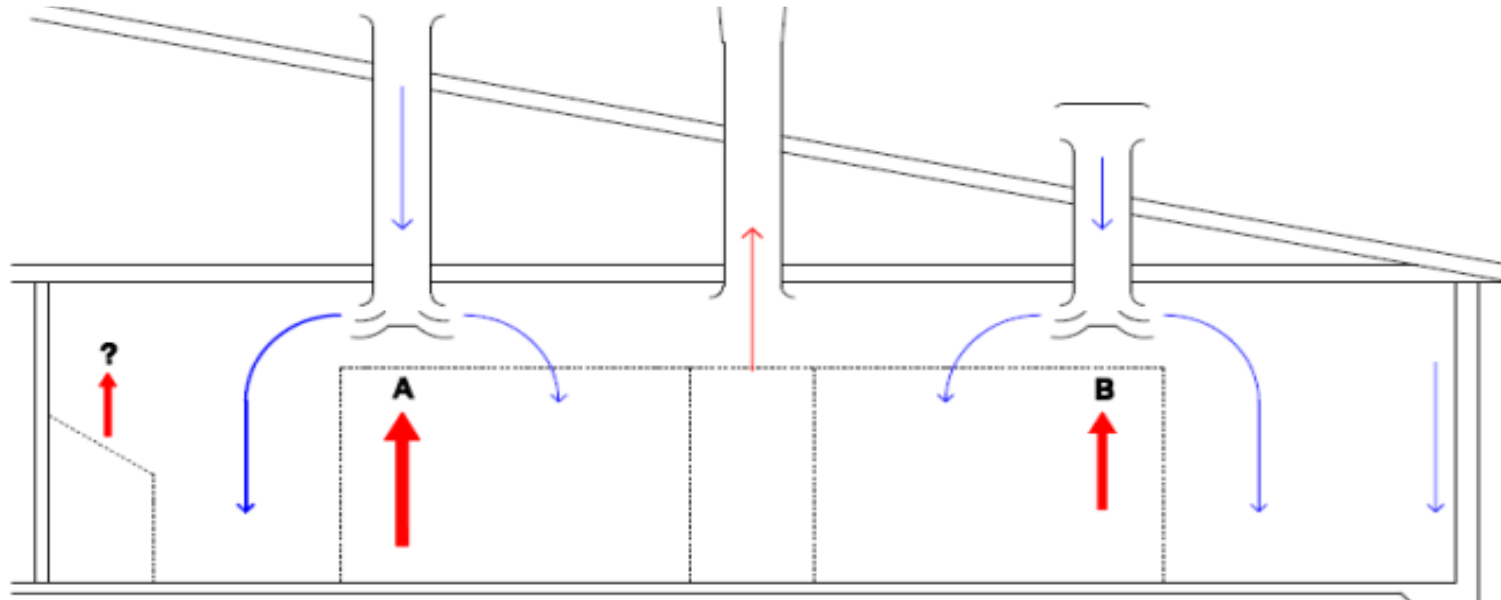


Figur 32. Exempel på hur multistep-principen fungerar.



Figur 33. Temperaturfördelning och belägningsgrad i A-stallen. Region A motsvarar inredningssystemet i anslutning till gång 3, närmast hjärtväggen. Region B motsvarar inredningssystemet i anslutning till gång 1, närmast ytterväggen.

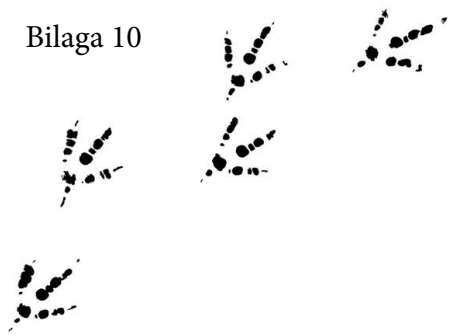
Figur 33. Temperaturfördelning och belägningsgrad i A-stallen. Region A motsvarar inredningssystemet i



Figur 34. Luftrörelser i A-stallen. Högre värmeavgång och ökat luftutbyte ses i region A i anslutning till gång 3, närmast hjärtväggen, på grund av högre belägningsgrad.







# Checklista

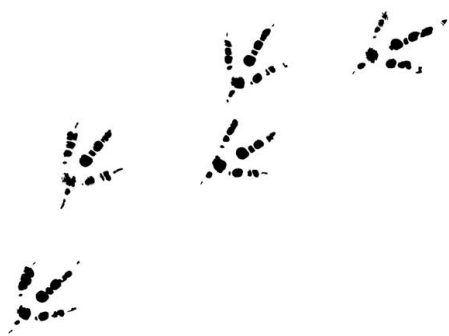
## ventilation i fjäderfästallar

FJÄDERFÄ  
CENTRUM

Sunnervalla 531 98 Lidköping tel 0706 87 66 40  
E-post: sunnervalla@telia.se



Europeiska jordbruksfonden för  
landsbygdsutveckling: Europa  
investerar i landsbygdsområden



# 1

<b>Teori.....</b>	<b>4</b>
<b>Stallklimat .....</b>	<b>4</b>
Koldioxid och ammoniak .....	5
Luftfuktighet.....	5
<b>Ventilationssystemet.....</b>	<b>6</b>
Undertrycksventilation .....	6
Balanserad ventilation .....	6
Naturlig ventilation och värme.....	6
Att välja system.....	6
Ventilationen .....	7
Luft rörelser och värmetillskott.....	7
Att tänka på under olika yttre förhållanden.....	8
Vår .....	8
Sommar .....	8
Höst .....	8
Vinter.....	8

# 2

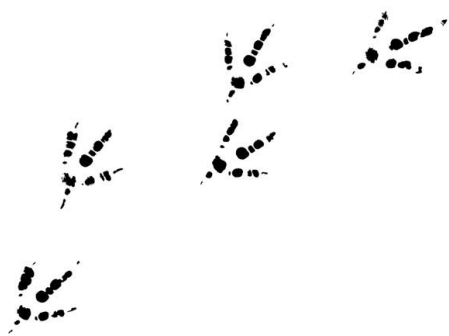
<b>Checklista och kontroll .....</b>	<b>9</b>
<b>Så här kontrollerar du din ventilationsanläggning .....</b>	<b>10</b>
Värmebalansberäkning hönsstall.....	10
Värmebalansberäkning kycklingstall .....	10
<b>Kontrollera anläggningens kapacitet .....</b>	<b>10</b>
<b>Kontrollera inomhusklimatet i ditt stall.....</b>	<b>10</b>
Kontrollera temperatur och relativ luftfuktighet .....	10
Luftkvalitet .....	11
Kontrollera undertryck och luft rörelser.....	11

FJÄDERFÄ  
CENTRUM

Sunnervalla 531 98 Lidköping tel 0706 87 66 40  
E-post: sunnervalla@telia.se



Europeiska jordbruksfonden för  
landsbygdsutveckling: Europa  
investerar i landsbygdsområden



### 3

<b>Åtgärder .....</b>	<b>13</b>
Sammanfattning - vanliga åtgärder vid olika årstider .....	15
Vår .....	15
Sommar .....	15
Höst .....	15
Vinter.....	15
<b>Rutiner.....</b>	<b>17</b>
<b>Dagliga rutiner.....</b>	<b>17</b>
<b>Omgångsrutiner .....</b>	<b>17</b>
Bilaga 1 Skisser lufrörelser, mätpunkter och värmekälla	
Bilaga 2 Mätutrustning	
Bilaga 3 Värmebalansberäkning	

## ***Inledning***

En väl fungerande ventilationsanläggning främjar djurens välfärd, skötarens arbetsmiljö och minskar också energiförbrukning i produktionen. Djurvelfärd är det grundläggande kriteriet för en effektiv djurproduktion, det innebär resurshushållning, låg foderförbrukning och därmed också så låg klimatpåverkan som möjligt.

Denna skrift och checklista är framtagen av Fjäderfäcentrum i projektet ”Optimerad ventilation i fjäderfästallar”. Vi har genomfört flera workshops där både fjäderfäproducenter och ventilationsföretag har deltagit för att diskutera problemställningar och åtgärder. Projektet har anlitat Sivert Johansson, Varberg, Sivert är ventilationstekniker med specialinriktning stallmiljö. Han har bistått med expertkunskaper vad gäller ventilation i djurstallar.

Vår förhoppning är att checklistan ska bidra till ökad kunskap och att den ska användas som ett verktyg vid felsökning och optimering av ventilationsanläggningar i fjäderfästallar.

Lidköping den 25 juni 2012

**FJÄDERFÄ  
CENTRUM**

Sunnervalla 531 98 Lidköping tel 0706 87 66 40  
E-post: sunnervalla@telia.se



Europeiska jordbruksfonden för  
landsbygdsutveckling: Europa  
investerar i landsbygdsområden

## Teori

### Stallklimat

Värphöns och framför allt kycklingar är mycket känsliga för höga lufthastigheter och deras beteende påverkas starkt om de utsätts för drag. Detta märks speciellt i kycklingstallar och i stallar med frigående höns, där djuren går lösa och själva kan välja uppehållsplats. Där kan drag orsaka negativa effekter genom att djuren då väljer att vistas på begränsat område i stallen. Om det är drag vid värpredena i ett värphönsstall kan det betyda att man får stora mängder golvvägg, eftersom hönsen kommer att undvika redena. Ventilationsanläggningens uppgift är att tillföra frisk luft till djuren utan att skapa drag. Förutom djurens krav på inomhusklimat finns det andra faktorer som påverkar, ett exempel är utgångshålen för de djur som ska kunna vistas ute. Balanserad ventilation blir då en rekommendation för att undvika drag i öppningarna.

Det krävs en värmeförsörjning som är samordnad med ventilationen. I Sverige bygger dimensioneringen av klimattekniken på föreskrifter om hygieniska gränsvärden, och på rekommendationer för temperatur, luftfuktighet och ventilationsbehov som antagits för Svensk Standard, se tabell 2-4. Djurskyddslagen anger gränsvärden för vad djuren får utsättas för, se tabell 1.

Tabell 1 Fjäderfä får endast tillfälligtvis utsättas för luftföroreningar som överstiger värden som redovisas nedan

Förorening	Gränsvärde Människa*	Värphöns flervåning	Värphöns envåning	Slaktkyckling**
Ammoniak, ppm	25	10	25	25
Koldioxid, ppm	5000	3000	3000	3000
Org. damm, mg/m <sup>3</sup>	5	10	10	10

\*Exponering av människa under 8 timmars arbetsdag

\*\*Exponering av fjäderfä som hålls på ströbädd

Tabell 2 Rekommendationer för lufttemperatur, relativ luftfuktighet och ventilationsbehov enligt Svensk Standard för värphöns i inredd bur

Djurvikt kg	Lufttemperatur °C	Relativ luftfuktighet %	Minimiventilation m <sup>3</sup> /höna & timme	Maximiventilation m <sup>3</sup> /höna & timme
1,5	20	70	0,60	4,5
2,0	20	70	0,72	5,5

Tabell 3 Rekommendationer för lufttemperatur, relativ luftfuktighet och ventilationsbehov enligt Svensk Standard för frigående värphöns

Djurvikt kg	Lufttemperatur °C	Relativ luftfuktighet %	Minimiventilation m <sup>3</sup> /höna & timme	Maximiventilation m <sup>3</sup> /höna & timme
1,5	20	70	0,64	4,9
2,0	20	70	0,77	5,9
3,0	20	70	1,02	7,8

Tabell 4 Rekommendationer för lufttemperatur, relativ luftfuktighet och ventilationsbehov enligt Svensk Standard för slaktkyckling

Djurvikt kg	Lufttemperatur °C	Relativ luftfuktighet %	Minimiventilation m <sup>3</sup> /kyckling & timme	Maximiventilation m <sup>3</sup> /kyckling & timme
0,05	32	60	0,07	0,3
0,40	24	65	0,33	2,5
1,30	20	70	0,80	6,1
1,70	20	70	0,98	7,5
2,20	20	70	1,19	9,1

## Koldioxid och ammoniak

Koldioxid avges främst genom djurens utandning. Den avgivna mängden beror på antalet djur, kroppsstorlek och ämnesomsättning. Ventilationen har en direkt utspädande effekt på koncentrationen av koldioxid. Halten av koldioxid i djurstallar ger därför ett mått på ventilationsflödet i förhållande till djurtätheten, liksom viss information om luftens allmänna hygieniska kvalitet. Koldioxidhalten är dimensionerande för minimiventilationen. Att ventilera efter koldioxidhalten innebär att också välisolerade stallar kommer att ha behov av extra värme vintertid. Inte ens i välisolerade stallar för golvhöns räcker djurens egen värme till för att upprätthålla stallets värmebalans vid utetemperaturer lägre än -10°C. Vid sämre isolering blir värmeförlusterna större och uppvärmningsbehovet ökar.

Ammoniak produceras vid all hantering av gödsel och urin i alla typer av djurstallar. Koncentrationen av ammoniak är i allmänhet högst under vintern, eftersom stallarnas ventilationsflöden då är för låga för att upprätthålla den önskade temperaturnivån. Olika faktorer påverkar avgivningen av ammoniak från gödseln, exempelvis: djurtäthet, ventilationsflöde, temperatur, gödselns fukthalt, pH-värde, m. m. Produktionen av ammoniak är naturligt lägre från fjäderfägödsel än från andra djurs gödsel, och om man lyckas hålla gödseln torr kan man få ner ammoniakavgången till mycket låga nivåer. Daglig utgödsling reducerar också mängden ammoniak i stallet.

## Luftfuktighet

Även om stallluftens relativa fuktighet inte avgör ventilationsbehovet, skall den alltid beaktas vid klimatstyrning i fjäderfästallar där djuren hålls på ströbädd. Orsaken är att luftfuktigheten i hög grad påverkar ströbäddens fukthalt och hygien. Även avgivningen av ammoniak från ströbäddar påverkas och det kan vara motiverat att sänka luftfuktigheten genom ökad ventilation för att hålla ströbädden i god kondition. Vintertid kan detta innebära ett behov av

ökad värmeförlust. Det kan därför vara nödvändigt att justera ventilationen och värme med hänsyn till både temperatur och luftfuktighet. Denna reglering måste ske samordnat.

## **Ventilationssystemet**

Du ska kunna ställa flera krav på ditt ventilationssystem, bland annat att:

- ☐ tilluft och frånluft skall kunna regleras för olika ventilationsflöden
- ☐ regleringen skall vara användarvänlig och driftsäker
- ☐ fläktar får inte ha störande bullernivå (i regel  $< 65$  dBA)
- ☐ det skall finnas larm för ventilationsavbrott om stallen har fler än 2000 djur.

## **Undertrycksventilation**

I en undertrycksanläggning skapar frånluftsfläktarna ett undertryck i rummet. Genom att reglera öppningarna på tilluftsintagen, som också kallas tilluftsdon, skapas olika undertryck och därmed också varierande lufthastigheter genom intaget. När leverantören bestämmer vilket undertryck, i pascal, anläggningen ska jobba efter finns det flera faktorer att ta hänsyn till. Bland annat har stallens utformning, eventuell inredning och typen av luftintag stor betydelse. Rätt dimensionerat undertryck är en förutsättning för att kunna åstadkomma lämpliga luftrörelser i djurens vistelsezoner.

## **Balanserad ventilation**

Med en balanserad ventilation skapas en balans mellan från- och tilluft. För detta krävs fläktar även för tilluften. De flesta tilluftsdonen i en balanserad ventilation har möjlighet att recirkulera stalluften och därmed skapa erforderliga luftrörelser redan vid minimiventilation. För att inte skada byggnadskonstruktionen bör ett litet undertryck (2-5 Pa) skapas även med en balanserad ventilation. Balanserad ventilation kallas ibland neutraltryckssystem. I en stallbyggnad där djuren skall ha möjlighet till utevistelse är balanserad ventilation att rekommendera.

## **Naturlig ventilation och värme**

I mindre besättningar är det möjligt att använda naturlig ventilation. Tyvärr finns det väldigt lite forskning gjort inom detta område för den klimattyp vi har i stora delar av Norden. Oftast är naturlig ventilation manuellt reglerad vilket gör att stallmiljön inte alltid blir den bästa. Det finns teknik till att automatiskt styra naturlig ventilation i andra typer av djurstallar och denna teknik kan användas även till hönsstallar.

## **Att välja system**

Vilken typ av luftintag ska man då välja för sin anläggning? Ett enkelt svar är att välja ett luftintag som ger kontrollerade luftrörelser kring djuren.

Om luften tas in via ett loft är det mycket viktigt att takfotsöppningen är tillräckligt stor eftersom tilluften ska passera genom denna. Om öppningen är för liten kommer tilluften att värmas upp onödigt mycket under varma sommar dagar. En tumregel är att takfotsöppningens area ska vara fyra gånger så stor som tilluftsdonens fria area. Ljus yttertakbeklädnad är också en fördel om du väljer tilluftsintag via loft eller vindsutrymme.

Hämtar man luften utifrån via lodräta kanaler i ett undertryckssystem måste man räkna med höga undertryck i rummet för att vara säker på att luft kommer in genom samtliga don. Det kan hända att luften vänder i tilluftskanalen om inte undertrycket är tillräckligt stort.

När man väljer frånluftssystem ska man tänka på ljudnivå (< 65 dBA, endast tillfälligt högre tillåts i kycklingstallar med forcerad ventilation), energiåtgång, tryckstabilitet, hållbarhet och servicevänligt.

När det gäller styrningen är det viktigt att man väljer en styrning som man förstår och man vågar att arbeta med. Det ska vara enkelt att justera undertrycket d v s förhållandet mellan till- och frånluft.

## Ventilationen

Det finns flera orsaker till att djurstallar behöver ventileras väl. Ventilationens huvuduppgift är att:

- ☐ ta bort koldioxid
- ☐ ta bort fukt
- ☐ ta bort ammoniak
- ☐ ta bort damm
- ☐ tillföra frisk luft till samtliga djur
- ☐ ge svalka vid behov
- ☐ ta bort värme
- ☐ tillföra värme vid behov
- ☐ hålla jämn temperatur i hela avdelningen
- ☐ hålla relativa luftfuktigheten på lämplig nivå.

## Luft rörelser och värmetillskott

Många problem med stallklimatet orsakas av felaktiga eller inga luft rörelser samtidigt som vi inte tillför tillräckligt med värme. Det viktigaste är att vi tillgodoser värmebehovet och att vi skapar kontrollerade luft rörelser kring djuren.

För att tillföra frisk luft och ge svalka samt hålla jämn temperatur och fukt i *hela* avdelningen krävs att:

- ☐ luft från tilluftsdon skapar luftströmmar enligt skisser, bilaga 1.
- ☐ lufthastigheter kring djuren är ca 0,1-0,2 m/s
- ☐ lufthastigheter kring djuren är ca 0,5 m/s för att svalka
- ☐ värme tillförs.

För att uppnå bästa värmeeffektivitet bör värmen tillföras under tilluftsdonen och vid byggnadens kallaste delar samt så lågt som möjligt enligt skisser, bilaga 1 b.

## **Att tänka på under olika yttre förhållanden**

### **Vår**

Under våren har du de bästa förutsättningarna att skapa bra miljö och klimat i djurstallarna. Utomhus är det låg relativ luftfuktighet och dygnets genomsnittstemperatur är runt +5°C. Dock kan det vara stora skillnader i temperatur mellan dag och natt vilket kan skapa relativt stora temperaturskillnader även i stallet.

Ventilationsanläggningen bör arbeta med mellan 20 och 100 % av sin kapacitet, vilket ger tillräckligt med luftväxlingar för att hålla koldioxid och ammoniak under satta gränsvärden.

### **Sommar**

Under sommaren arbetar ventilationen för det mesta mellan 50 och 100 %. I ett varmt sommarklimat gäller det att få till tillräckligt många luftväxlingar för att få bort värmen. Bra lufrörelser där djuren uppehåller sig ger dem nödvändig svalka.

### **Höst**

Redan på sensommaren, i augusti och september, börjar problemen med hög relativ luftfuktighet i kombination med förhållandevis hög utomhustemperatur. Allt eftersom temperaturen sjunker finns bättre möjlighet att skapa ett torrare inomhusklimat genom att tillsätta värme och/eller att sänka temperaturen i stallen genom att öka ventilationen. Liksom på våren bör ventilationsanläggningen arbeta på mellan 20 och 100 % vilket ger tillräckligt med luftväxlingar för att hålla koldioxid och ammoniak under satta gränsvärden.

### **Vinter**

Under längre perioder med kallt väder, minusgrader på mellan -5°C till -10°C, arbetar ventilationsanläggningen med stor sannolikhet på lägsta ventilationsnivån dygnet runt om inte värme tillförs. Det benämns minimiventilation. Den dimensionerade faktorn för minimiventilation är koldioxidhalten, enligt Svensk Standard SS 95 10 51. Faktorn för fuktbalans ligger ca 35-40 % lägre vilket betyder att korrekt inställd minimiventilation kyler ut stallet om djuren är enda värmekällan. Vid för låg minimiventilation kommer koldioxidkoncentrationen att bli för hög och det kommer också att bli en allt för fuktig miljö i stallen. Ett stort problem vid minimiventilation är att få erforderliga lufrörelser vid golv och i djurens uppehållszoner. Ventilationsanläggningen arbetar då med korrekt inställda värden men når inte ut med frisk luft i hela stallen. Med s.k. recirkulationsenheter, balanserad ventilation, finns möjlighet att erhålla erforderlig omrörning av luften.



## 2

### **Checklista och kontroll**

För att göra det ”enklare” för ventilationsanläggningen är det viktigt att reducera produktionen av koldioxid, fukt, ammoniak, damm och värme i djurutrymmet. Gå igenom checklistan nedan och åtgärda det du kan åtgärda innan vi kommer in på de åtgärder du kan göra åt ventilationsanläggningens funktion:

**Koldioxid** produceras av djuren och kan inte påverkas annat än genom antalet djur i stallet.

- ☐ har du rätt beläggning i kycklingstallet eller i hönshuset

**Fukt** produceras av djuren men det finns fler faktorer som också påverkar den relativa luftfuktigheten i stallet.

- ☐ har du kontrollerat att vattenanläggningen med nipplar och/eller koppar ger minimalt spill?
- ☐ finns det dåligt isolerade ytor i väggar, portar, dörrar och tak som orsakar kondensutfällning?
- ☐ finns det otätheter i byggnaden som kan orsaka onödiga kondensutfällningar?
- ☐ har du kontrollerat att golvtemperatur är minst +20°C innan ströbädden läggs på?

**Ammoniak** produceras av gödseln från djuren och kan påverkas av

- ☐ fodertyp och fodrets proteininnehåll
- ☐ foderkonsumtionen
- ☐ gödselmängd inne i stallet - ta bort gödsel om möjligt och nödvändigt
- ☐ fukt och värme i stallet, det påverkas till stor del av yttre förhållanden som väder och årstid
- ☐ skötsel av ströbädd.

**Damm** produceras av djuren och fodret men även ströbäddens struktur har inverkan på dammhalten i stallet. Kontrollera vad du kan göra åt följande punkter för att minska dammängden:

- ☐ foderstruktur
- ☐ utfodringssystem bör kontrolleras (nedfallsrör, påfyllningstrattar m.m.)
- ☐ skötsel av ströbädd.

**Värme** produceras av djuren men kan även påverkas av ventilationsanläggningens tilluftsdon. Om tilluften kommer in via loft eller vindsutrymme kan du förbättra genom:

- ☐ att se till att stallet erforderlig takfotsöppning
- ☐ att byta till ljus takbeklädning.

## ***Så här kontrollerar du din ventilationsanläggning***

Ta fram drifts- och skötselanvisningar till din anläggning. Ta också fram förprovningen som Länsstyrelsen godkänt. Läs igenom vilka villkor Länsstyrelsen ställt på din klimatanläggning, dvs ventilationskapacitet och eventuellt behov av värmetillskott.

### **Värmebalansberäkning hönsstall**

För värphönsstallet gör du en egen ventilations- och värmebehovsberäkning för din avdelning, se bilaga 3 eller direkt i en excelfil som du hämtar på [www.fjaderfacentrum.se](http://www.fjaderfacentrum.se) eller [www.svenskaagg.se](http://www.svenskaagg.se). Du kan jämföra dina egna beräkningar med förprovningen, testa gärna att lägga in olika isoleringsvärden och olika stalltemperaturer i mallen.

### **Värmebalansberäkning kycklingstall**

Enligt Svensk Fågels omsorgsprogram räknar man med följande värme- och ventilationsbehov för ett kycklingstall som är godkänt för en beläggning på 36 kg /m<sup>2</sup> :

- ☐ ventilationsbehov: 150 m<sup>3</sup>/h och m<sup>2</sup>
- ☐ värmetillskottsbehov: minst 100 W/m<sup>2</sup>.

## ***Kontrollera anläggningens kapacitet***

Kontrollera punkterna nedan i anläggningen och jämför med de uppgifter och dokumentation som du har fått genom offert, avtal, broschyrmaterial, av din VVS-entreprenör eller direkt av tillverkaren.

- ☐ tilluftskapacitet, max- och min-kapacitet
- ☐ frånluftskapacitet, max- och min-kapacitet
- ☐ aerotemperar, radiatorer, kamflänsrör, värmerör
- ☐ fram- och frånledningsrör
- ☐ cirkulationspumpar
- ☐ värmepanna

## ***Kontrollera inomhusklimatet i ditt stall***

### **Temperatur och relativ luftfuktighet**

- ☐ Placera termometrar och hygrometrar på olika ställen i stallet, en i varje gavel och en på mitten samt en intill ventilationsstyrningens givare, för kontroll och kalibrering.
- ☐ Avläsning bör göras rutinmässigt.

Om du vill skaffa Din egen mätutrustning hittar du förslag på lämplig utrustning i bilaga 2.

Lämplig utrustning för att kontrollera:

- ☐ Temperatur
  - Termometrar, analoga och/eller digitala
  - IR-termometer
- ☐ Relativ luftfuktighet
  - Hygrometer
  - Slungpsykrometer

## Luftkvalitet

- ☐ Lämpliga mätpunkter för ammoniak är över gödselytor, ströbädd och områden med stillastående luft, se vidare bilaga 1a.
- ☐ Lämpliga mätpunkter för koldioxid är vid djurens upphållszoner och områden med stillastående luft, se vidare bilaga 1a.
- ☐ Dammkoncentration bör mätas vid frånluftsfläkt, lämpligen vid minimi-fläkt.

Lämplig utrustning (se också bilaga 2):

- ☐ Ammoniak,  $\text{NH}_3$ 
  - Reagensrör med pump
  - Reagensrör, långtidsverkande
  - Mätare, digital
- ☐ Koldioxid,  $\text{CO}_2$ 
  - Reagensrör med pump
  - Reagensrör, långtidsverkande
  - Mätare, digital
- ☐ Damm
  - Luftpump med pappersfilter

## Kontrollera undertryck och luftrörelser

- ☐ Montera en stationär undertrycksmätare vid den mest använda dörren till avdelningen.
- ☐ Kontrollera med ventilationsleverantör vilket undertryck som bör tillämpas för luftintaget i fråga och/eller gör en egen bedömning genom rökläggning och testa med olika undertryck genom att förändra förhållandet med till- och frånluft på styrningen.
- ☐ När du ska kontrollera luftrörelser är det viktigt att du vet både ventilationsbehov och undertryck. Gör så här:
  - Låt anläggningen arbeta på minimiventilation, notera undertrycket i Pascal, Pa och kontrollera sedan luftrörelserna enligt bilaga 1 a.
  - Låt sedan anläggningen arbeta på 25 % kapacitet. Upprepa mätning av undertryck och kontroll av luftrörelser.
  - Nästa mätpunkt gör du med anläggningen inställd på 50 % kapacitet, mät undertryck och kontrollera luftrörelser.
  - o.s.v.

Om du kommer fram till att luftrörelserna inte stämmer enligt skissen som motsvarar ditt stall, behöver du justera ventilationen. Justera då ventilationsanläggningen så att rätt förhållande mellan till- och frånluft erhålls, så skapar du också luftrörelser enligt skiss i bilaga 1 a. Se vidare kapitel 3 under Åtgärder ”Tillföra frisk luft till alla djur”.

Lämplig utrustning för att kontrollera undertryck och luftrörelser, se också bilaga 2:

- ☐ Undertryck
  - Manometer typ U-rör
  - Manometer, digital
- ☐ Luftrörelser
  - Rök
  - Lufthastighetsmätare

### 3

## Åtgärder

Nedan listas några generella åtgärder och förklaringar för att förbättra din ventilations- och värmeanläggning. OBS! Tänk alltid på yttre förhållande när justeringar utförs.

- ☐ Om inte anläggningen kommer upp i föreskriven kapacitet måste hela anläggningen uppgraderas

Nödvändiga åtgärder för att:

- ☐ Ta bort koldioxid
  - öka luftomsättningen genom att tillföra värme och/eller genom att sänka stalltemperaturen
  - justera ventilationen till rätt förhållande mellan till- och frånluft så att frisk luft fördelas i hela avdelningen
  - vid lågt ventilationsbehov (minimiventilation) under en längre tid kan s.k. vädringsintervaller tillämpas. Det innebär att ventilationsanläggningen arbetar med högre kapacitet i pulser, kontrollera med leverantören av ventilationsutrustningen för lämpliga ”vädringsinställningar” på styrningen.
- ☐ Ta bort fukt
  - öka luftomsättning genom att tillföra värme och/eller genom att sänka stalltemperaturen.
  - justera ventilationen till rätt förhållande mellan till- och frånluft så att frisk luft fördelas i hela avdelningen.
  - vid lågt ventilationsbehov (minimiventilation) under en längre tid kan s.k. vädringsintervaller tillämpas. Det innebär att ventilationsanläggningen arbetar med högre kapacitet i pulser, kontrollera med leverantören av ventilationsutrustningen för lämpliga ”vädringsinställningar” på styrningen.
- ☐ Ta bort ammoniak
  - öka luftomsättning genom att tillföra värme och/eller genom att sänka stalltemperaturen
  - justera ventilationen till rätt förhållande mellan till- och frånluft så att frisk luft fördelas i hela avdelningen
  - vid lågt ventilationsbehov (minimiventilation) under en längre tid kan s.k. vädringsintervaller tillämpas. Det innebär att ventilationsanläggningen arbetar med högre kapacitet i pulser, kontrollera med leverantören av ventilationsutrustningen för lämpliga ”vädringsinställningar” på styrningen.

- använder vi utgödslingssystem för transport av gödsel till gödselhus/-behållare är det mycket viktigt att tätheten är god vid genomgångar mellan produktionslokal och gödsellager. Eftersom det är en hög koncentration av ammoniak där gödseln lagras, d v s i gödselhus/-behållare och/eller på golv i produktionslokalen.

☐ Ta bort damm

- öka luftomsättning genom att tillföra värme och/eller genom att sänka stalltemperaturen
- justera ventilation till rätt förhållande mellan till- och frånluft, undertryck, så att inte allt för höga lufthastigheter erhålles och att frisk luft fördelas i hela avdelningen.

☐ Tillföra frisk luft till samtliga djur

- justera ventilation till rätt förhållande mellan till- och frånluft, undertryck, då skapas lämpliga luftrörelser så att frisk luft fördelas i hela avdelningen.

☐ Ta bort värme

- öka luftomsättning genom att sänka stalltemperaturen dock beroende på yttre förhållande. Räkna med att stalltemperaturen är ca 3°C till 5°C högre än aktuell utetemperatur
- om skillnaden är större än 5°C ska inspektion av ventilationsanläggningen göras. Kontrollera frånluftsfläktar, spjäll, spjällmotorer, tilluftsdon, takfotsöppning mm.

☐ Ge svalka

- frisk luft och höjda, men kontrollerade, luftrörelser kring djuren skapar kylningseffekt
- justera ventilation till rätt förhållande mellan till- och frånluft, undertryck, så att lämpliga luftrörelser skapas för djuren (0,2 – 0,5 m/s vid max-ventilation) och frisk luft fördelas i hela avdelningen.

☐ Tillföra värme

- tillskottsvärme bör tillsättas under tilluftsdon för att få jämn fördelning och effektiv inblandning i den friska och kalla tilluften. Tillsätts värme genom aero-temprar skall placering av dessa vara sådan att jämn fördelning sker, se förslag i bilaga 1 b.

## **Sammanfattande åtgärder**

### **- rekommendationer vid olika årstider**

#### **Vår**

Under våren har man de bästa förutsättningarna att skapa bra miljö och klimat i djurstallarna. Utomhus är det låg relativ luftfuktighet och dygnets genomsnittstemperatur är runt +5°C. Dock kan det vara stora skillnader i temperatur mellan dag och natt vilket kan skapa relativt temperaturskillnader även i stallet.

Ventilationsanläggningen bör arbeta mellan 20 och 100 % vilket ger tillräckligt med luftväxlingar för att hålla koldioxid och ammoniak under satta gränsvärden.

Kontrollera luftrörelser vid golv och djurens uppehållszoner vid ca 25 % ventilation och 50 % ventilation samt 75 % ventilation. Luftrörelser kring 0,1 till 0,2 m/s bör uppmätas. För att erhålla önskade värden bör ventilationsanläggningens tilluftsdon kontrolleras och ev. justeras och ev. behöver en justering av undertrycket utföras.

#### **Sommar**

Under sommaren arbetar ventilationen för det mesta mellan 50 och 100 %. Det är luftväxlingar för att få bort värmen och luftrörelser för att svalka som gäller.

Kontrollera luftrörelser vid golv och djurens uppehållszoner vid 100 % ventilation.

Luftrörelser kring 0,5 m/s bör uppmätas. För att erhålla önskade värden bör ventilationsanläggningens tilluftsdon kontrolleras och eventuellt justeras. Ibland behöver en justering av undertrycket utföras.

#### **Höst**

Redan på sensommaren, augusti-september, börjar problemen med hög relativ luftfuktighet i kombination med förhållandevis hög utomhustemperatur. Allt eftersom temperaturen sjunker finns bättre möjlighet att skapa ett torrare inomhusklimat genom att tillsätta värme och/eller att sänka temperaturen i stallen (=ökad ventilation).

Som på våren bör ventilationsanläggningen arbeta mellan 20 och 100 % vilket ger tillräckligt med luftväxlingar för att hålla koldioxid och ammoniak under satta gränsvärden.

Kontrollera luftrörelser vid golv och djurens uppehållszoner vid ca 25 % ventilation och 50 % ventilation samt 75 % ventilation. Luftrörelser kring 0,1 till 0,2 m/s bör uppmätas. För att erhålla önskade värden bör ventilationsanläggningens tilluftsdon kontrolleras och eventuellt justeras. Ibland behöver en justering av undertrycket utföras.

#### **Vinter**

Under längre perioder med kallt väder, minusgrader på mellan -5°C till -10°C, arbetar ventilationsanläggningen med stor sannolikhet på lägsta ventilationsnivån dygnet runt om inte värme tillförs. Det benämns minimiventilation. Den dimensionerade faktorn för minimiventilation är koldioxidhalten, enligt Svensk Standard SS 95 10 51. Faktorn för fuktbalans ligger ca 35-40 % lägre vilket betyder att korrekt inställd minimiventilation kyler ut stallet om djuren är enda värmekällan. Vid för låg minimiventilation kommer koldioxidkoncentrationen att bli för hög och det kommer också att bli en allt för fuktig miljö i stallen. Ett stort problem vid minimiventilation är att få erforderliga luftrörelser vid golv och i

djurens uppehållszoner. Ventilationsanläggningen arbetar då med korrekt inställda värden men når inte ut med frisk luft i hela stallen. Med s.k. recirkulationsenheter, balanserad ventilation, finns möjlighet att erhålla erforderlig omrörning av luften.

Kontrollera luftrörelser vid golv och djurens uppehållszoner vid minimum ventilation.

Luftrörelser kring 0,1 m/s bör uppmätas. För att erhålla önskade värden bör ventilationsanläggningens tilluftsdon kontrolleras och eventuellt justeras. Ibland behöver en justering av undertrycket utföras. Erhålles fortfarande inte erforderliga luftrörelser kan anläggningen kompletteras med omrörningsfläktar eller kan s.k. vädringsperioder tillämpas d.v.s. att ventilationsanläggningen arbetar med högre kapacitet i pulser (kontakta er ventilationsleverantör för ytterligare information).

Mät koldioxid- och ammoniakkoncentrationer på olika platser i stallen. Erhålles för höga värden ska ventilationsanläggningens luftrörelser kontrolleras enligt ovan.

Upptäcks varma och kalla zoner i stallen ska undertrycket kontrolleras. För lågt undertryck kan tillåta att naturlagarna tar över och orsakar kallras på vissa ställen (kalla zoner) och tilluftsdon blir frånluftsdon på andra ställen (varma zoner). Ojämn temperatur kan även bero på otätheter i byggnaden, t.ex. portar och utgödslingskulvertar, men även dålig eller förstörd isolering i byggnaden kan inverka.



# Rutiner ventilationsanläggning

## ***Dagliga rutiner***

- ☐ Kontrollera djurens beteende
- ☐ Kontrollera undertrycket i rummet
- ☐ Kontrollera aktuell temperatur
- ☐ Kontrollera aktuell ventilationsgrad
- ☐ Kontrollera önskad temperatur
- ☐ Kontrollera temperatur på tillskottsvärme

## ***Omgångsrutiner***

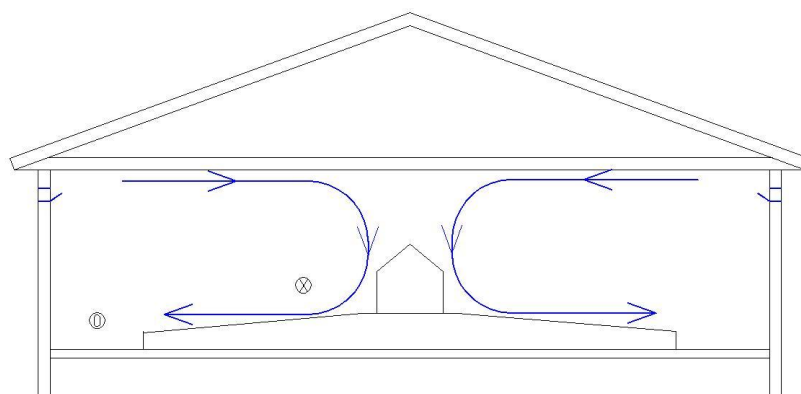
- ☐ Kontrollera luftintag och frånluftsspjäll vid 0 % ventilation (= stängt läge)
- ☐ Kontrollera luftintag och frånluftsspjäll vid 100 % ventilation (= öppet läge)
- ☐ Rengör slangar till undertrycksmätare och justera mätaren till ”0”
- ☐ Kontrollera eventuella gummidukar i gödselrännor
- ☐ Rengör fläktar, spjäll och ev. kanaler för frånluftssystemet
- ☐ Rengör luftintag och takfot (ev. kanaler) för tilluftssystemet
- ☐ Kontrollera wire, pianotråd, fjädrar, linhjul, hörnhjul m.m. för både till- och frånluftssystem
- ☐ Kontrollera givare (ev. kalibrera)

## **Bilaga 1.**

I denna bilaga hittar du skisser på olika stalltyper. Leta upp den skiss som mest liknar ditt stall vad gäller ventilationssystem och inredning. Skisserna i bilaga 1 a anger hur luftströrelserna ska se ut för att ventilationen ska fungera optimalt. Här är också lämpliga mätpunkter utmarkerade för att mäta ammoniak och koldioxid i stallet.

När du sedan läser i kapitel ”Checklista och kontroll” kan du lätt jämföra t ex uppmätta luftströrelser i ditt stall med optimala luftströrelser i skissen.

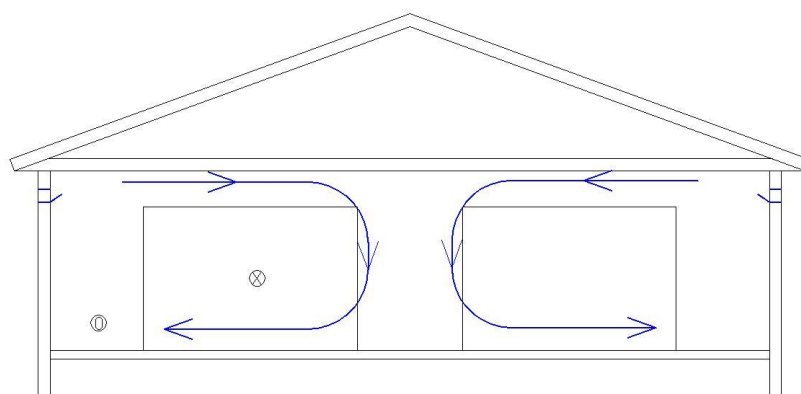
I kapitlet ”Åtgärder” beskrivs tillskottsvärme, du hittar lämpligaste placeringen av värmekällan i skisserna i bilaga 1 b.



⊗ - Lämplig mät punkt för koldioxid

⓪ - Lämplig mät punkt för ammoniak

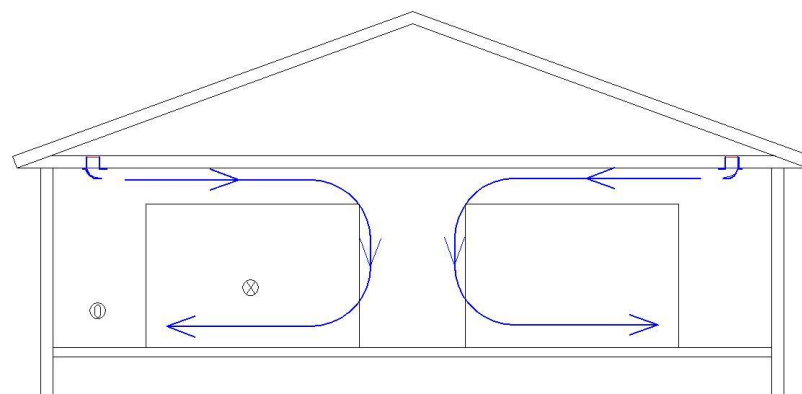
**Undertryck - V äggventiler**



⊗ - Lämplig mät punkt för koldioxid

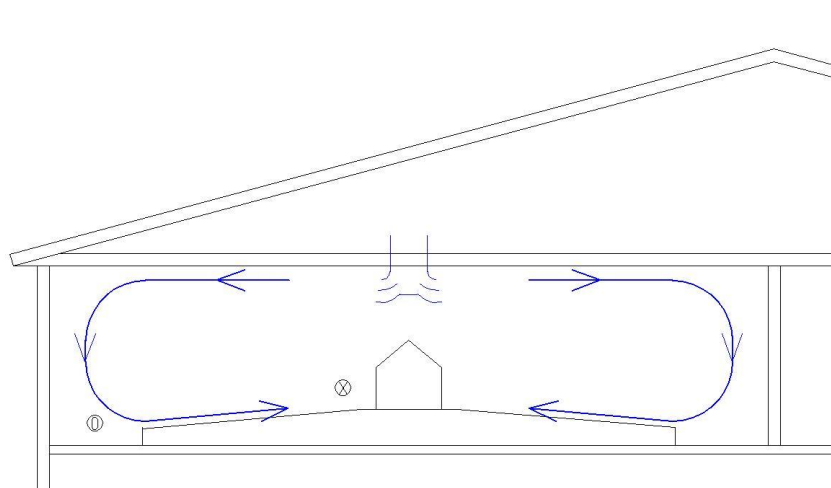
⓪ - Lämplig mät punkt för ammoniak

**Undertryck - V äggventiler**



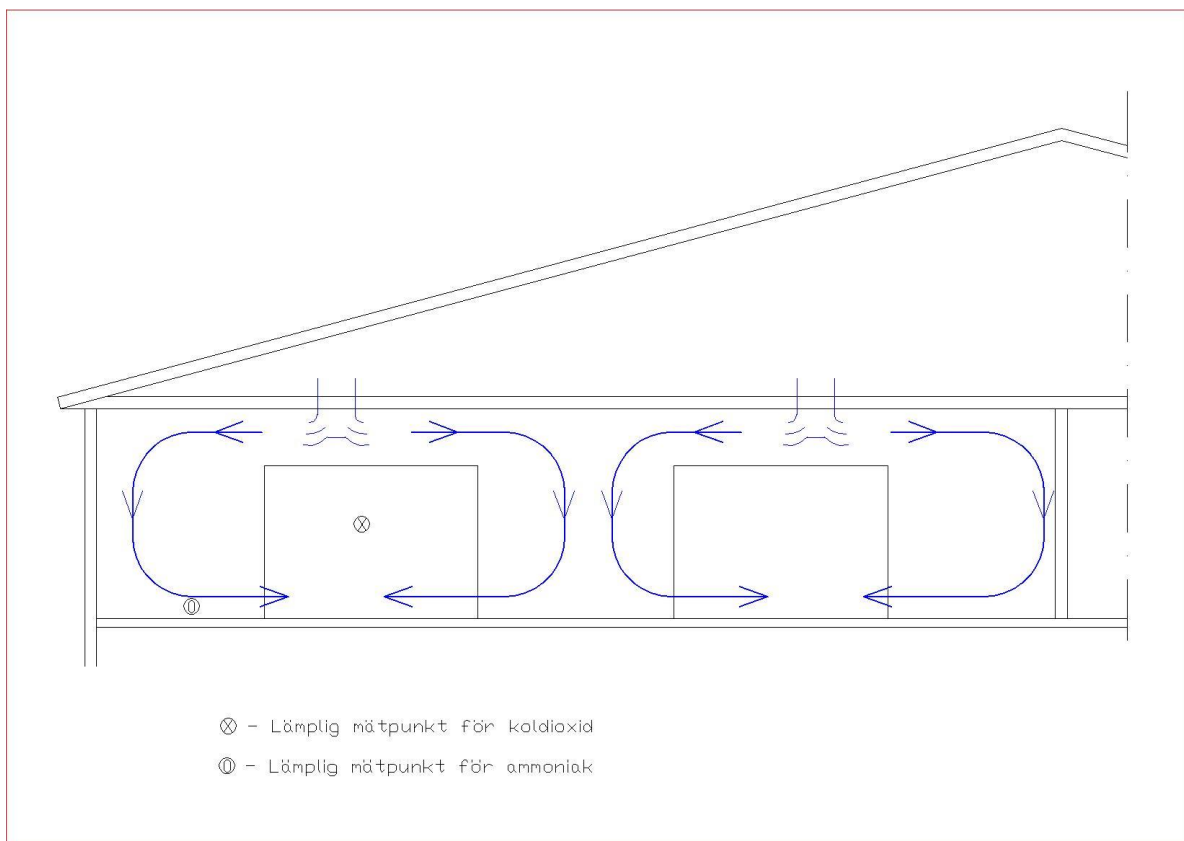
- ⊗ - Lämplig mätpunkt för koldioxid
- ⓪ - Lämplig mätpunkt för ammoniak

**Undertryck – Loftventiler, Konv.**

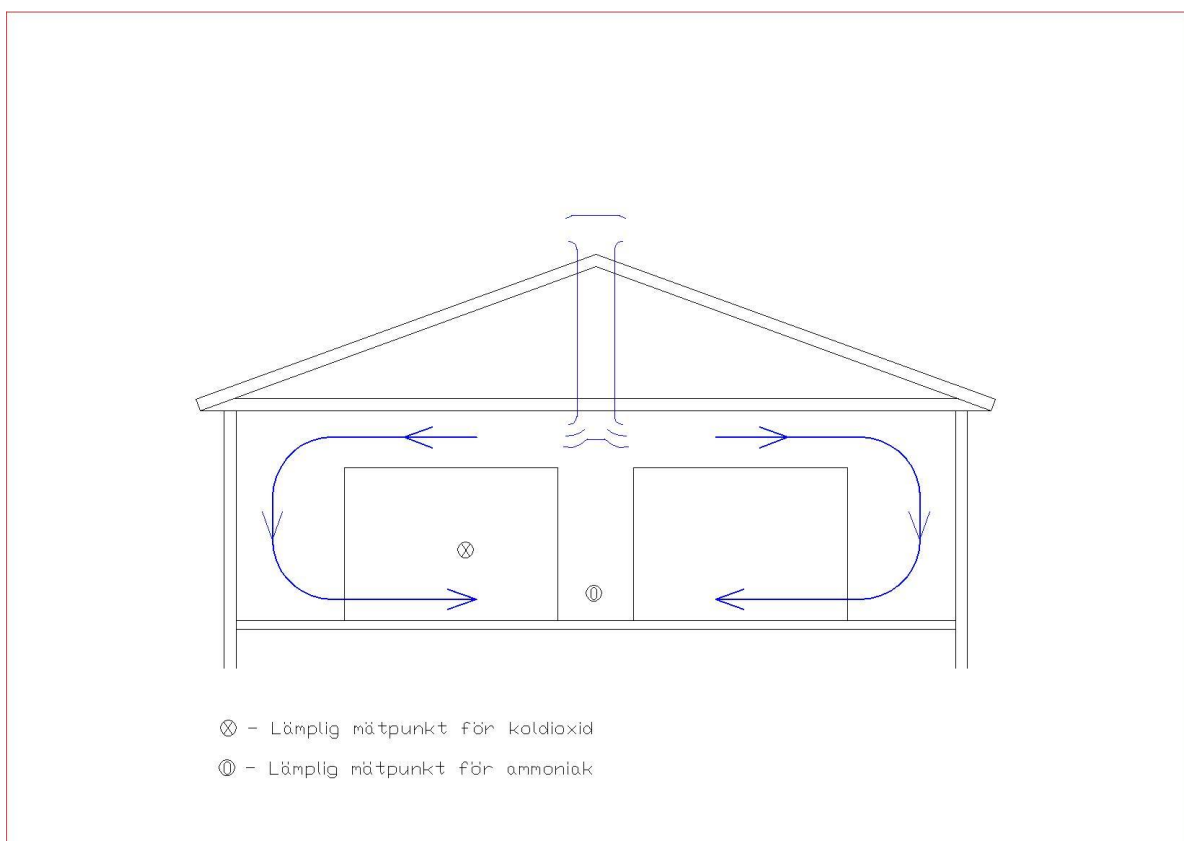


- ⊗ - Lämplig mätpunkt för koldioxid
- ⓪ - Lämplig mätpunkt för ammoniak

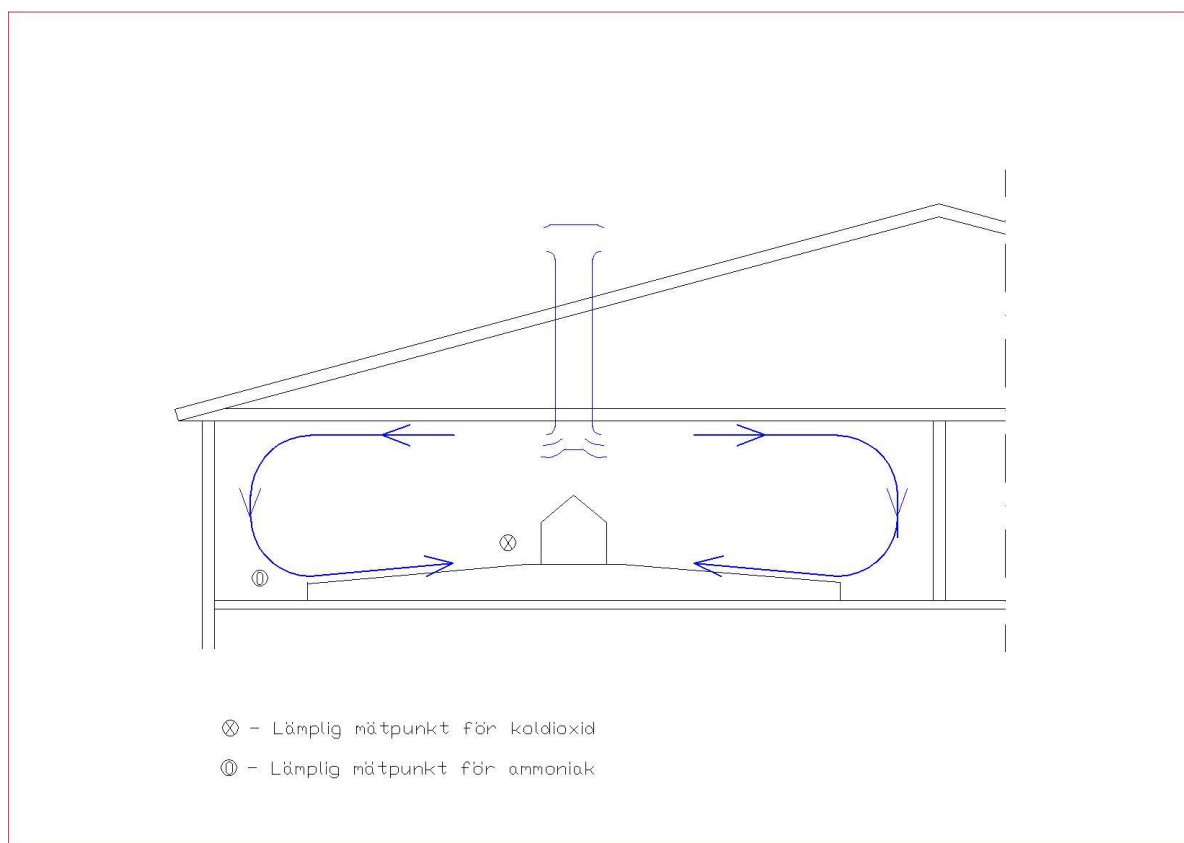
**Undertryck – Loftventiler, Runda**



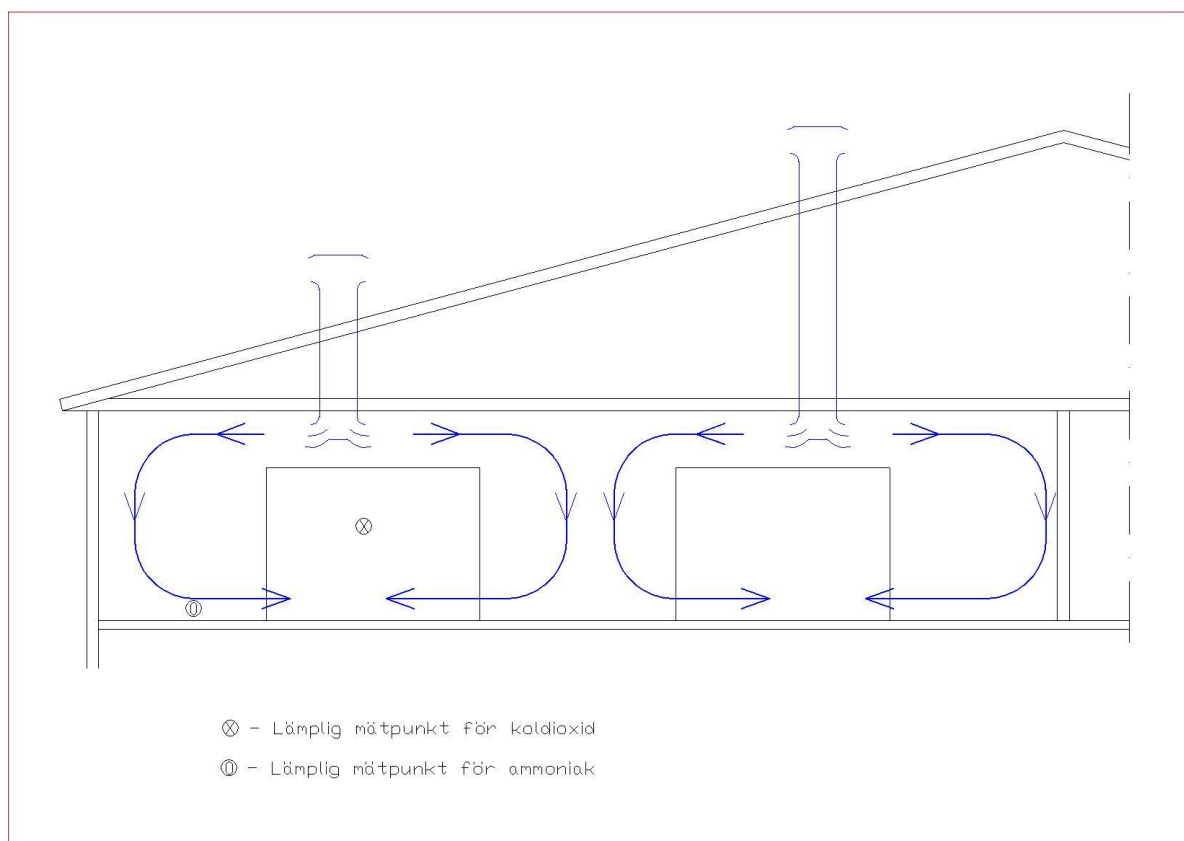
**Undertryck – Loftventiler, Runda**



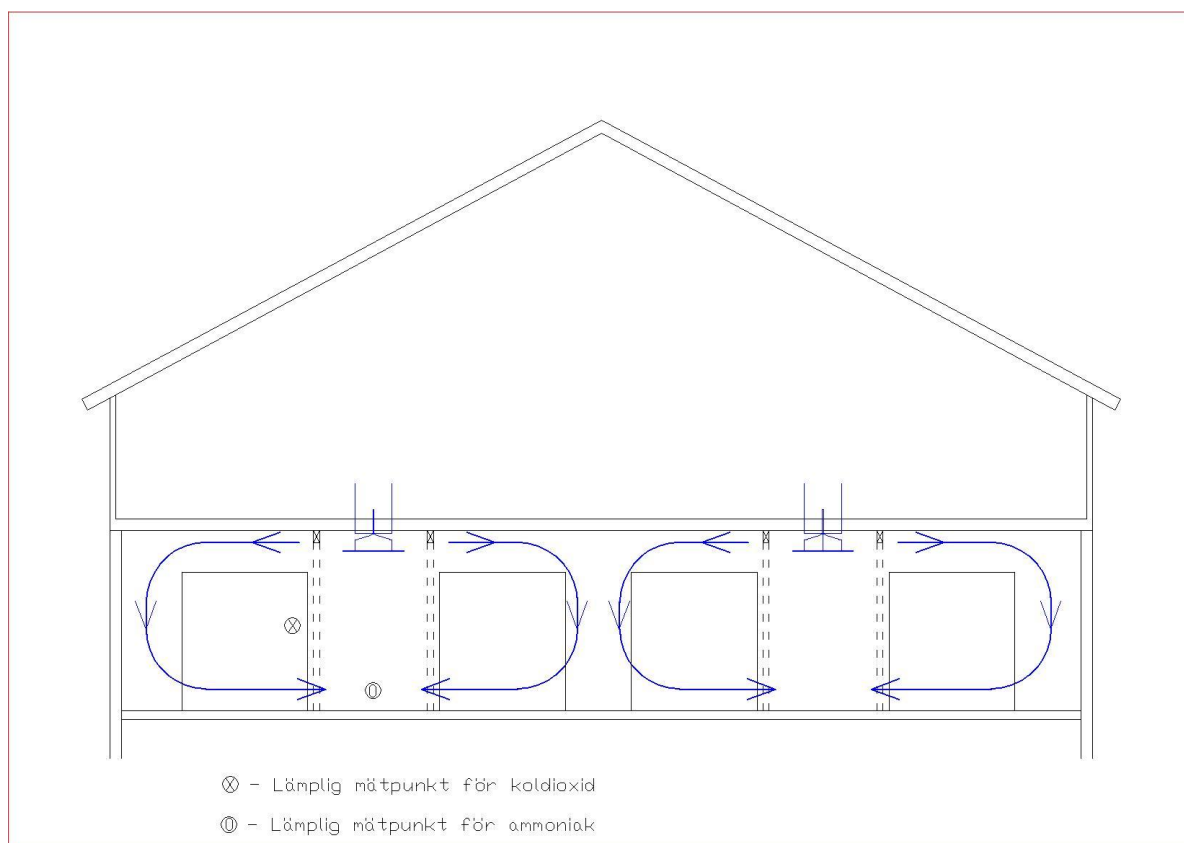
**Undertryck – Takventiler, Runda**



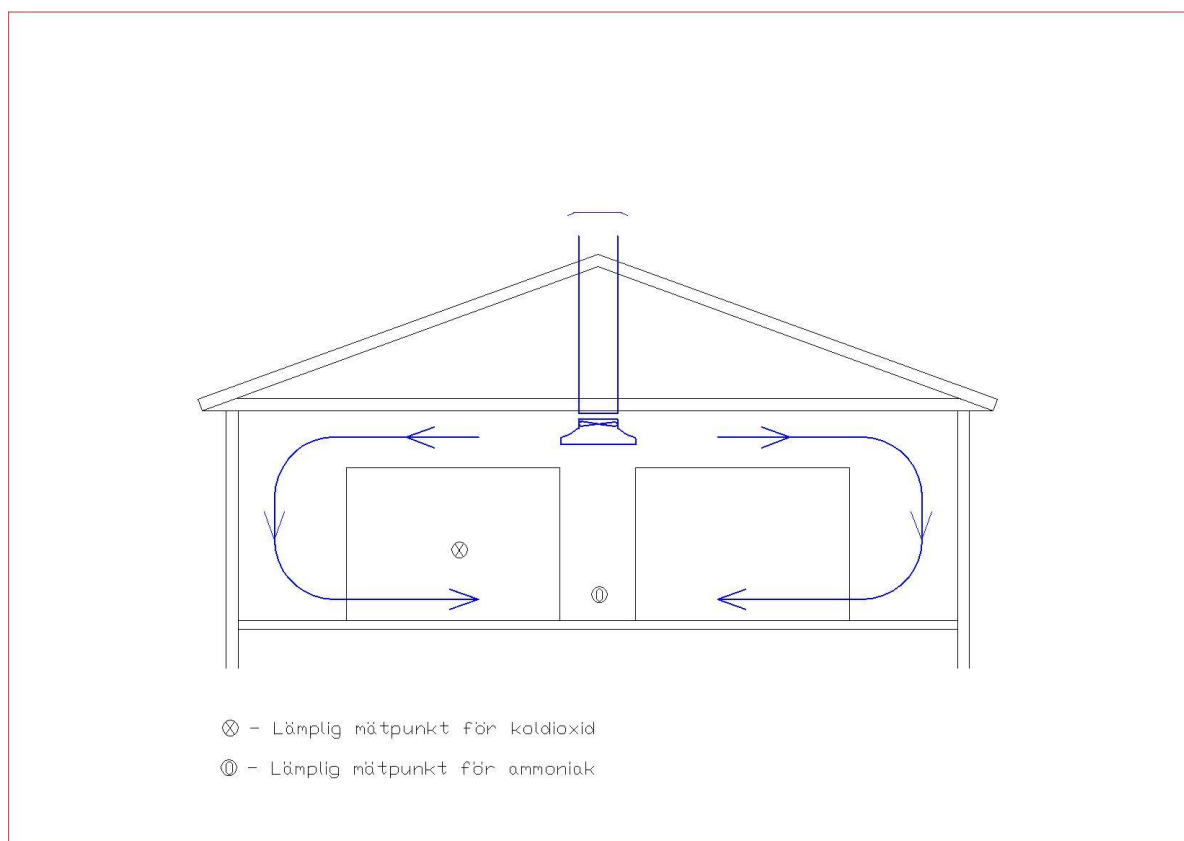
**Undertryck – Takventiler, Runda**



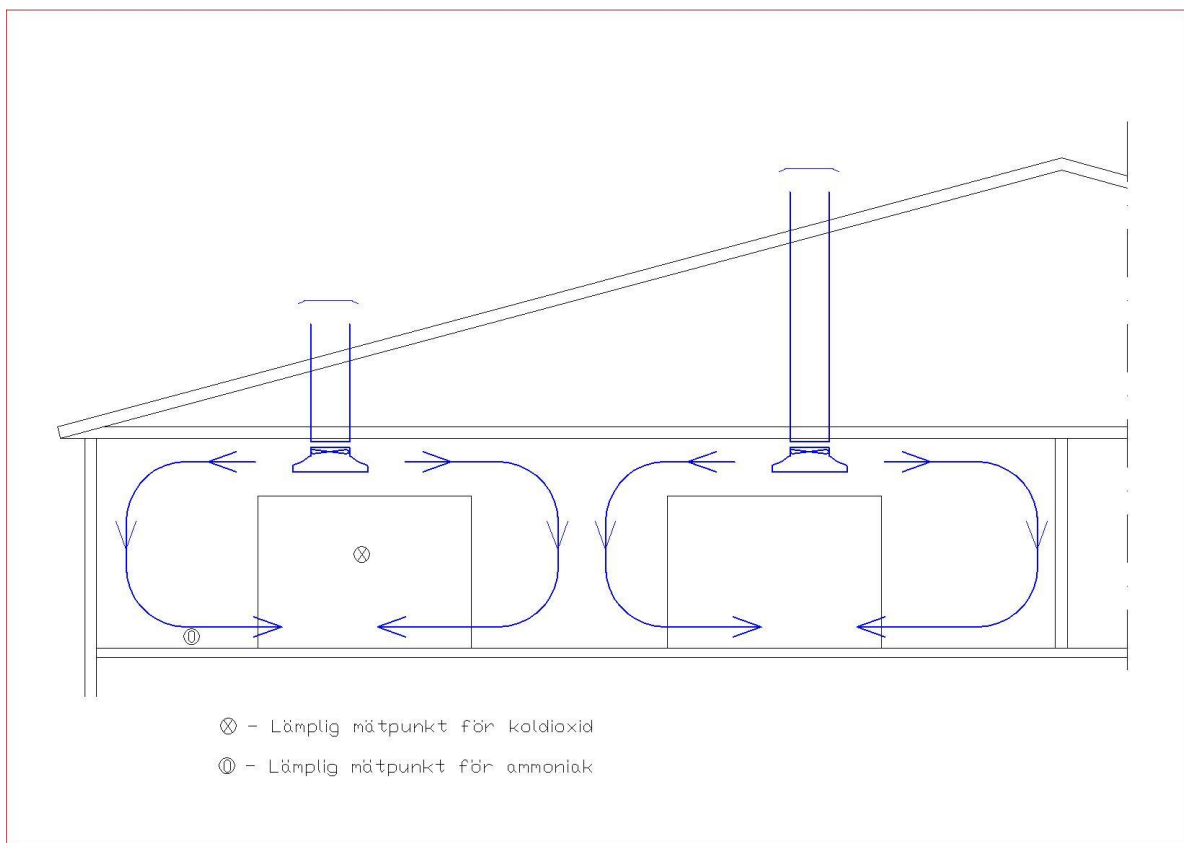
**Undertryck – Takventiler, Runda**



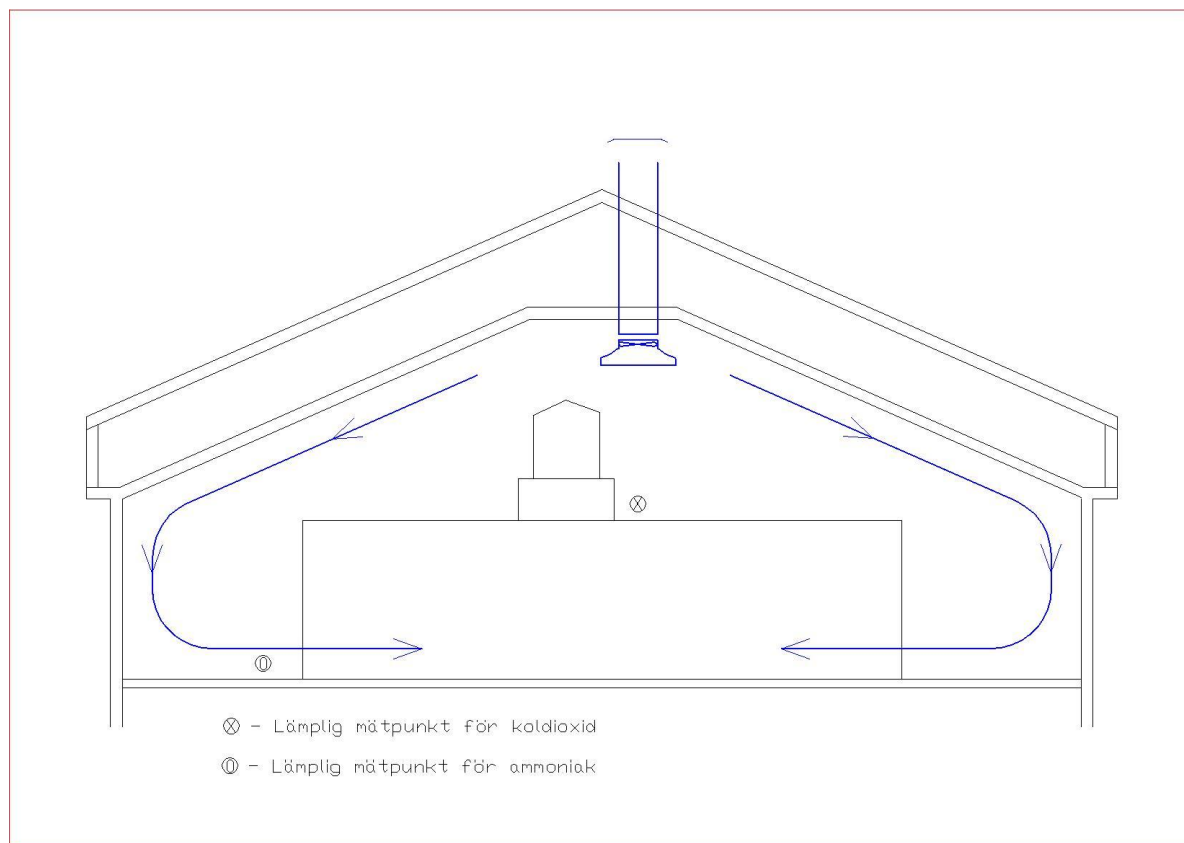
**Undertryck – Loftventiler, Runda**



**Balanserat – Takventiler, Runda**



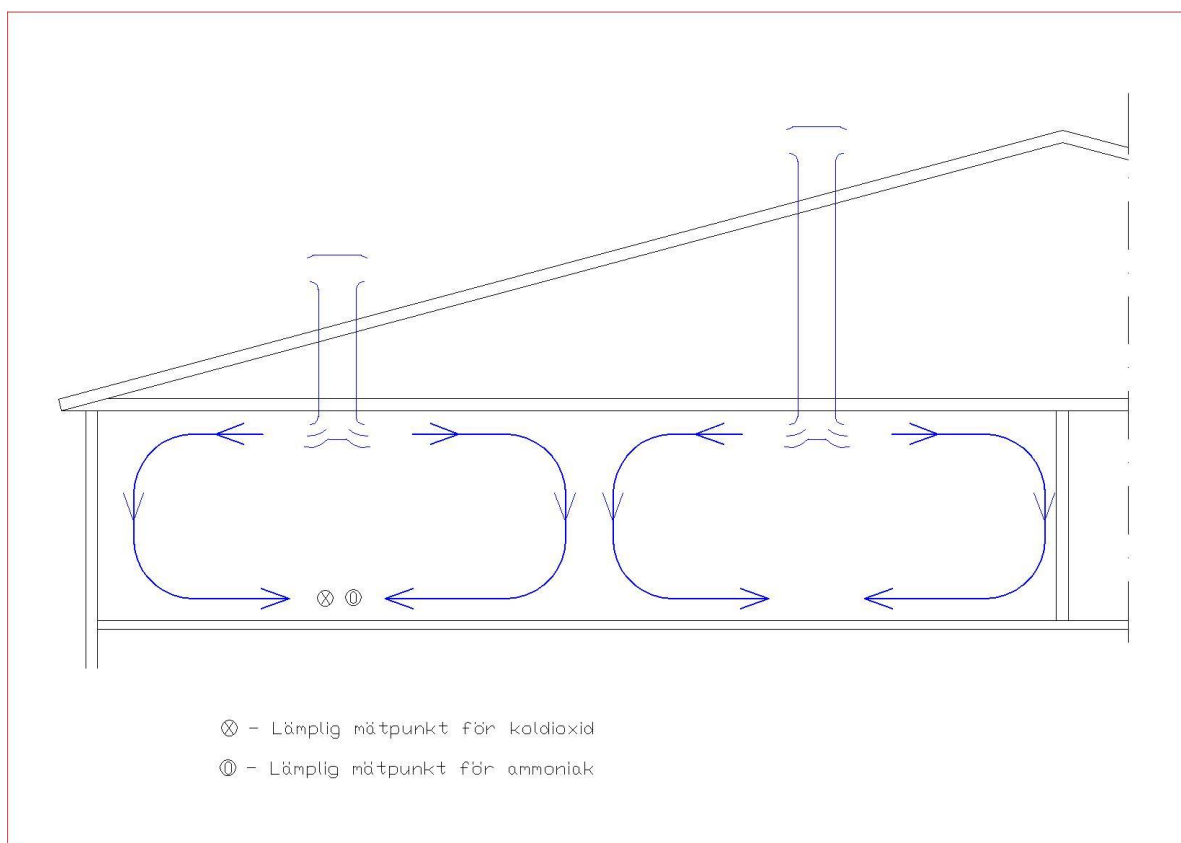
Balanserat – Takventiler, Runda



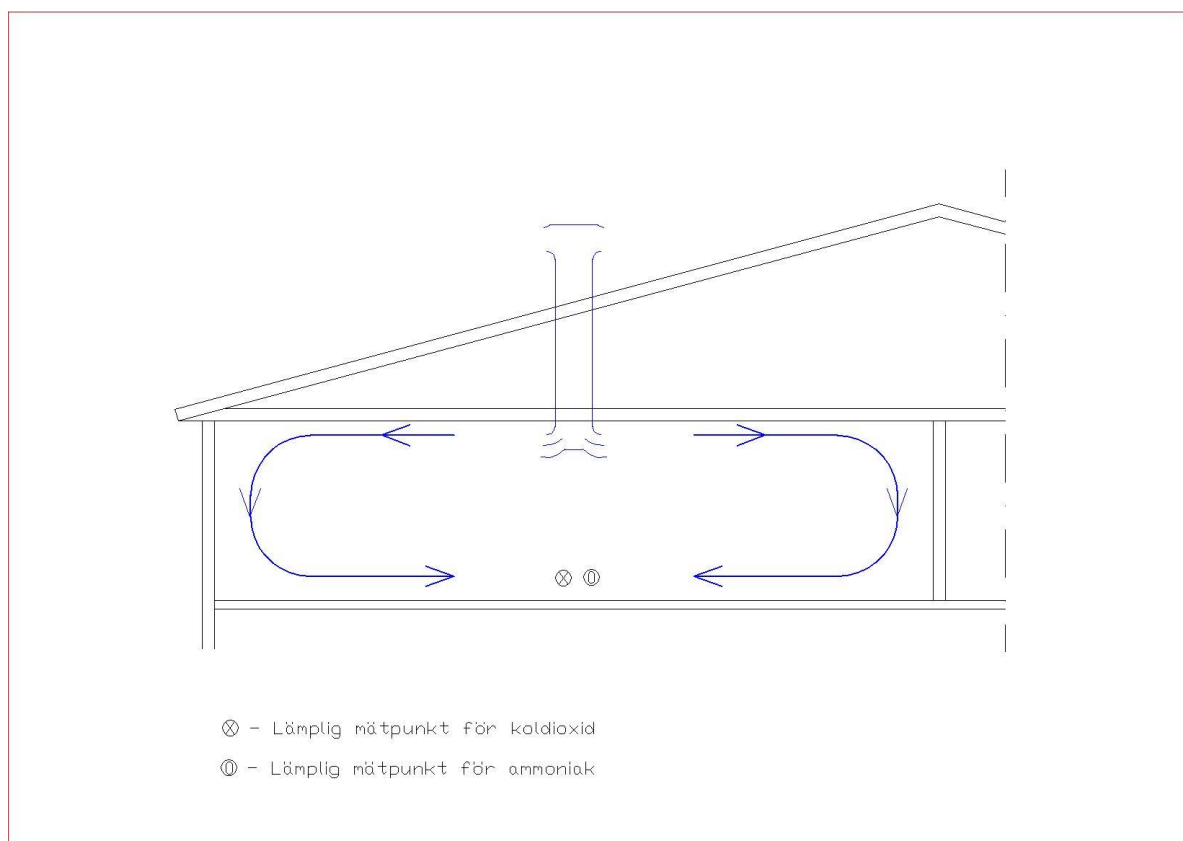
Balanserat – Takventiler, Runda

B

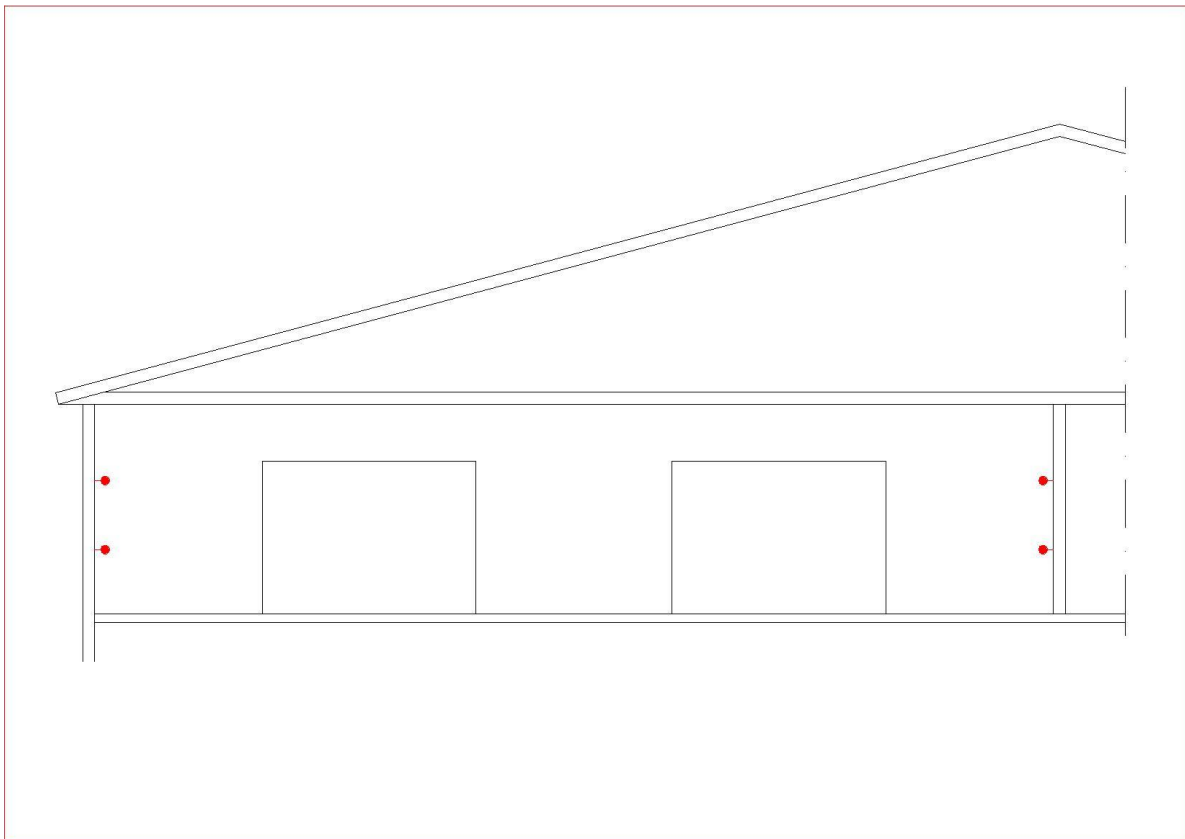




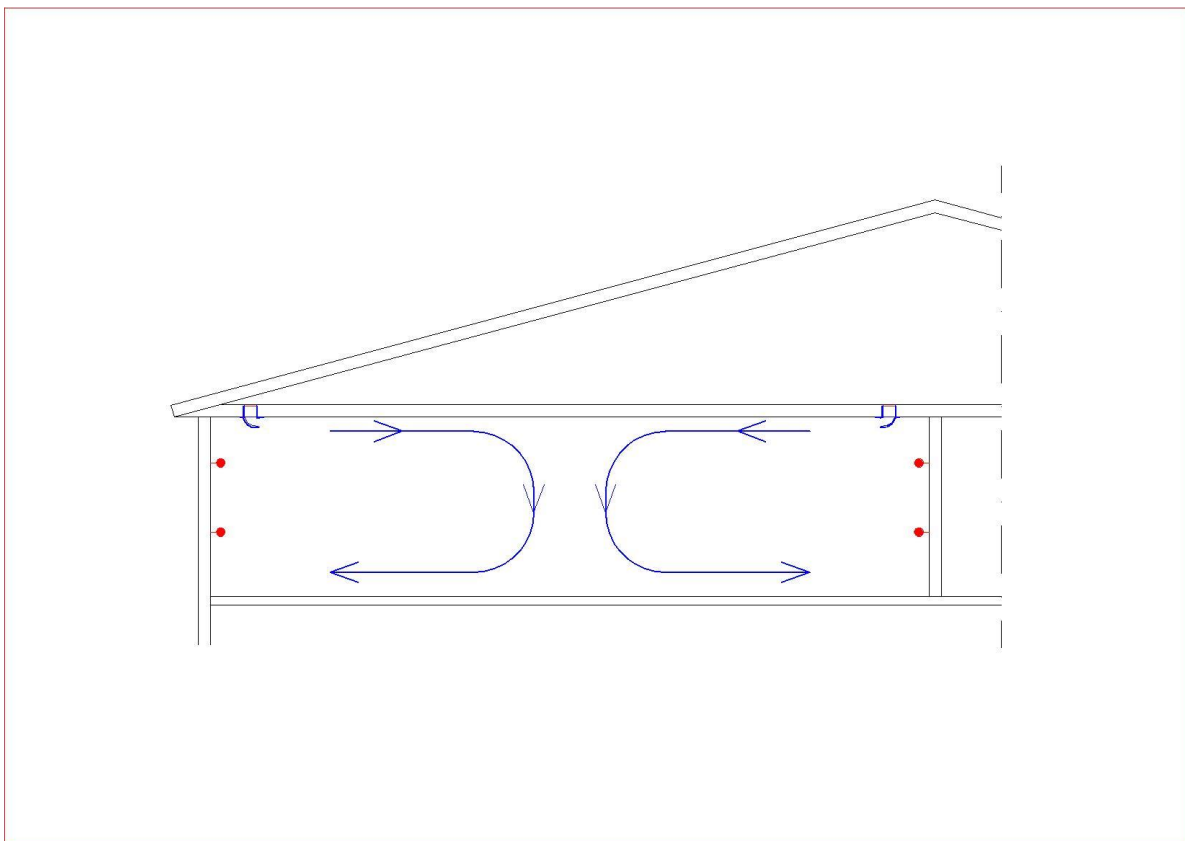
**Undertryck – Takventiler, Runda**



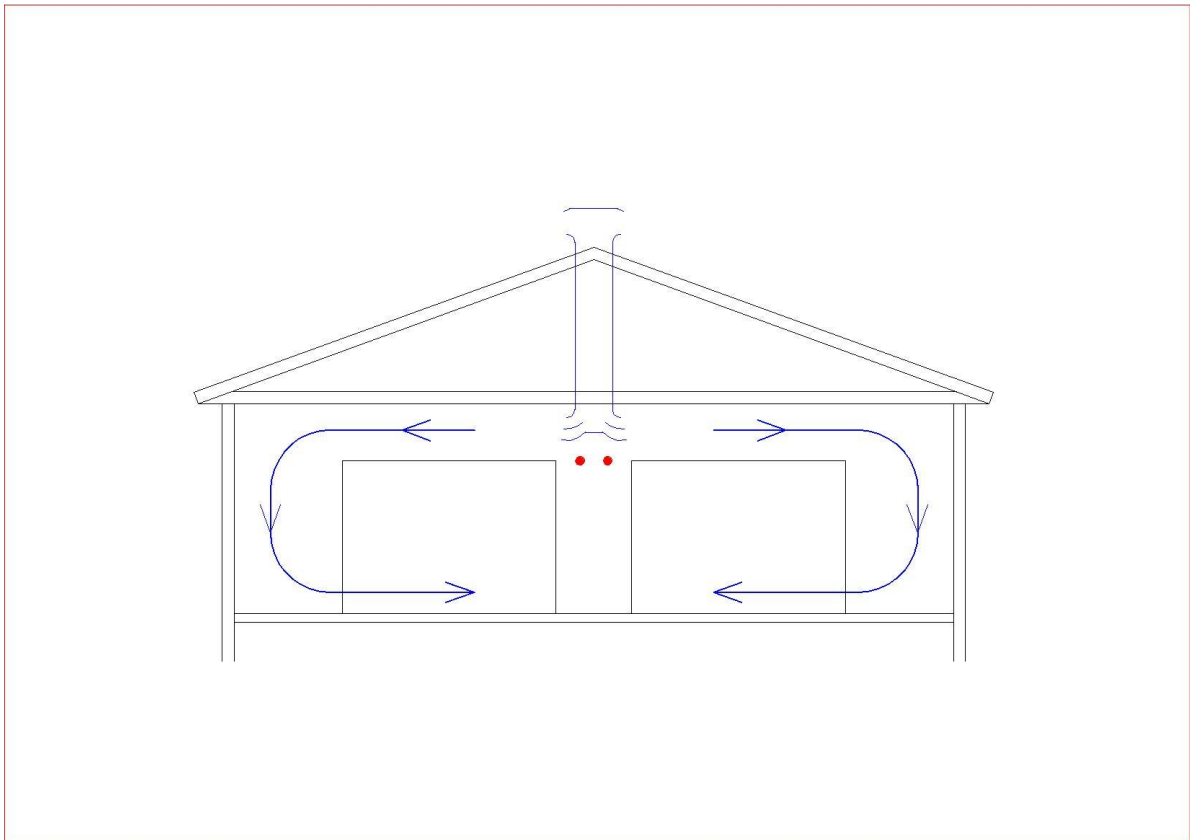
**Undertryck – Takventiler, Runda**



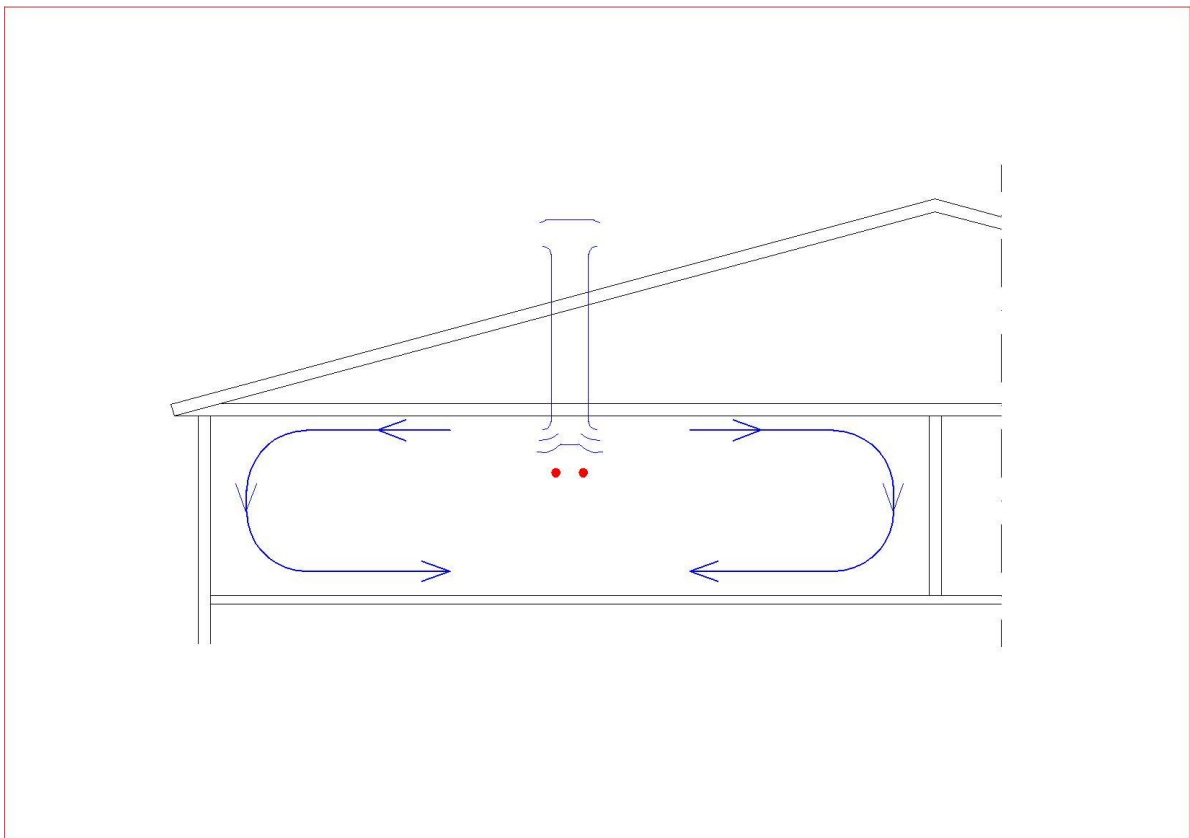
Värmerör på vägg



Värmerör på vägg, under tilluftsdon



Värmerör under tilluftsdon



Värme under tilluftsdon



Termometer / Hygrometer  
[www.sagitta.se](http://www.sagitta.se)



IR-termometer  
[www.sagitta.se](http://www.sagitta.se)



Termometer / Hygrometer  
[www.sagitta.se](http://www.sagitta.se)



Luftfuktighetsmätare  
[www.sagitta.se](http://www.sagitta.se)



Luftfuktighetsmätare  
[www.comfort-control.se](http://www.comfort-control.se)



Luftfuktighetsmätare  
 Koldioxidmätare  
[www.sagitta.se](http://www.sagitta.se)



Pump till reagensrör  
[www.draeger.com](http://www.draeger.com)



Reagensrör Ammoniak/Koldioxid  
[www.draeger.com](http://www.draeger.com)



Mätare Ammoniak/Koldioxid  
[www.draeger.com](http://www.draeger.com)



Reagensrör Ammoniak/Koldioxid  
Långtidsverkande  
[www.draeger.com](http://www.draeger.com)



Luftpump med pappersfilter  
Hys för provtagning  
[www.eurofins.se](http://www.eurofins.se)



Undertrycksmätare (U-rör)  
[www.wahlstrom.se](http://www.wahlstrom.se)



PocketLine  
 testo 510

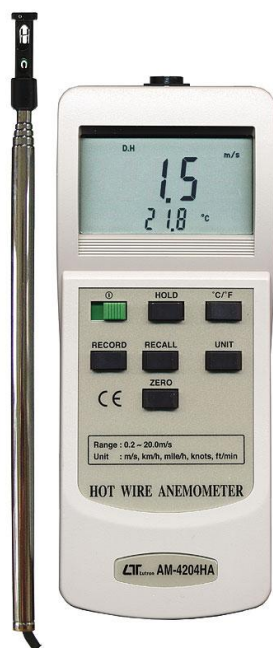
Undertrycksmätare, digital  
[www.nordtec.se](http://www.nordtec.se)



Rökmaskin  
[www.teknikmagasinet.se](http://www.teknikmagasinet.se)



Rökpatroner  
[www.stepsonhobby.se](http://www.stepsonhobby.se)



Lufthastighetsmätare  
[www.sagitta.se](http://www.sagitta.se)

## Värmebehovsberäkning hönsstall

### VÄRMETILLFÖRSEL GENOM DJUREN

Djurgrupp	Antal	Min-vent m3/h		Max-vent m3/h		Värmeavgivning W	
		per djur	per grp	per djur	per grp	per djur	per grp
Golvhöna, 1.5 kg		x 0,64 =		x 4,9 =		x 7,6 =	
Golvhöna, 2.0 kg		x 0,77 =		x 5,9 =		x 9,2 =	
Golvhöna, 3.0 kg		x 1,02 =		x 7,8 =		x 12,1 =	
Summa						+	

Ventilationsbehov enligt Svensk standard SS 95 10 51 utgåva 2

Önskad stalltemp       Utvändig temp       Temp.diff. Inne/Ute   
(se klimatzoner)

### VÄRMEFÖRLUSTER

Genom ventilation:      Min vent       x      Temp.diff.       x 0,35      -     

Genom byggnaden:      Faktor enl. nedan       x      Temp.diff.       -     

Värmebalans      Summa      = +/-

### Byggnadsdata:

Avdeln. inv. mått:      Längd       Bredd       Höjd

Byggnadsdel	Brutto m2	Avgår mot varmt utr	Avgår portar m2	Netto m2
Långsida A (längd x vägghöjd)				
Långsida B (längd x vägghöjd)				
Gavel C (bredd x vägghöjd)				
Gavel D (bredd x vägghöjd)				
		Netto		
Golv (längd x bredd)				
Tak (längd x bredd)				

Byggnadsdel	m2	U-värde	Summa	Stallets isoleringskvalité?		
				Dåligt	Medel	Bra
Väggar				0,90	0,60	0,30
Golv				0,50	0,40	0,30
Tak				0,35	0,25	0,15
Dörrar/portar				1,50	1,00	0,50
	Faktor					

Klimatzoner i Sverige enl. Sv St SS 95 10 51 utg. 2:  
A= -10    C= -18    E= -24  
B= -15    D= -20    (°C)

Figur 1 — Klimatzoner

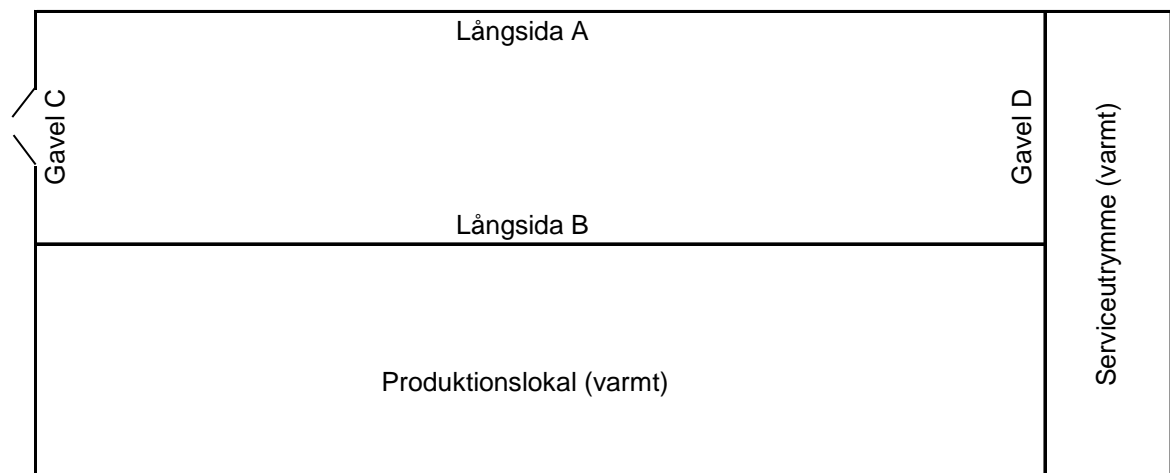
# Instruktioner för värmebehovsberäkning

Fyll i och räkna enligt angivna formler.

Djur	Antalet djur som vistas i avdelningen Räkna fram Min-vent, Max-vent och Värmeavgivning
Önskad stelltemp	Optimal temp för höns (enl SS 95 10 51 utgåva 2 +20,0°C)
Utvändig temp	Se klimatzoner, t.ex. Linköping som tillhör zon B = -15°C Räkna fram differens mellan invändig och utvändig temperatur
Värmeförlust, vent	Räkna: $\text{Min-vent} \times \text{Temp.diff. Inne/Ute} \times 0,35$
Värmeförlust, bygg	Ta fram "Faktor" enligt nedan Räkna: $\text{"Faktor"} \times \text{Temp.diff. Inne/Ute} \times 0,35$
Värmebalans	Räkna: $\text{Djurens värmeavgivn} - \text{Värmeförlust Vent} - \text{Värmeförlust Bygg} = \text{Watt per timma}$ Är summan negativ betyder det att värme måste tillsättas.

Byggnad "Faktor"	Längd	Bredd	Höjd
	Räkna: Långsidor, gavlar samt golv och tak		
Motvarmt utrymme	Har produktionslokalen väggar mot varmt utrymme ska motsvarande yta fyllas i här (enligt skiss nedan ska gavel C och låndsida B reduceras i sin helhet)		
Avgår portar/dörrar	Totala portytan ska fyllas i (enligt skiss nedan ska portytan, t.ex. 12 m², fyllas i på gavel D		
Räkna fram netto m2-värden för Väggar, Golv, Tak och Portar/dörrar och flytta ner dessa värden till vänster om U-värden			
Isolering, U-värde	Om inte exakta värden finns för byggnaden kan värdena för "Dålig", "Medel" resp. "Bra" flyttas till de gula fälten (t.ex. en byggnad med 30 cm leca-väggar och tak med 170 mm min-ull ger ett "Medel"-värde, skriv in dessa värden i de gula fälten för resp. byggnadsdel		





Man kan ändra på "Önskad stalltemp" till en lägre eller högre temperatur och se vad det betyder för värmebalansen och man kan ändra på "Utvändig temp" för att se betydelsen härav.

Man kan också ändra på U-värden för att se vad t.ex. en tilläggsisolering av bygganden kan betyda.